

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

Antônio Venícius dos Santos

**AMBIENTE VIRTUAL INTELIGENTE APLICADO
EM CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE
STCEQ.NET**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação

Marcelo Menezes Reis

Florianópolis, novembro de 2005.

AMBIENTE VIRTUAL INTELIGENTE APLICADO EM CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE STCEQ.NET

Antônio Venícius dos Santos

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação na Área de Concentração Sistemas de Conhecimento e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Banca Examinadora

Raul Sidnei Wazlawick, Dr.
Coordenador do Curso

Orientador: Marcelo Menezes Reis, Dr.

Marco Antônio Sandini Trentin, Dr.

Pedro Alberto Barbetta, Dr.

Silvia Modesto Nassar, Dra.

Aos pais, Vildes e Gelci, às minhas
irmãs, Cleomara e Fabiele, à minha
namorada, Raquel, pelo enorme
incentivo e paciência durante o
desenvolvimento do presente
trabalho.

Este trabalho foi possível graças ao
prof. Marcelo M. Reis, pela presteza,
competência, amizade e oportunidade dada
a mim, aos meus pais Vildes e Gelci, às
minhas irmãs, Cleomara e Fabiele, à minha
namorada, Raquel, pelo grandioso apoio
nas horas difíceis e pela confiança e
incentivo.

"Aprender com a experiência dos outros é
menos penoso do que aprender com a própria"
(José Saramago)

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	1
LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE ABREVIATURAS.....	4
LISTA DE PUBLICAÇÕES	6
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Motivação.....	10
1.2 Objetivos	11
1.2.1 Objetivo Geral	11
1.2.2 Objetivos Específicos	11
1.3 Metodologia da pesquisa.....	12
1.4 Justificativas	13
1.5 Resultados esperados	15
1.6 Delimitações.....	15
1.7 Estrutura do Trabalho.....	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E EMPÍRICA.....	18
2.1 Tecnologia na educação	18
2.1.1 Software Educacional.....	20
2.1.2 Educação à Distância	21
2.1.3 Acompanhamento do aprendizado	24
2.1.4 Internet como mecanismo de ensino-aprendizagem	26
2.1.5 Utilizando de modo correto a tecnologia	28
2.2 Ambientes de ensino-aprendizagem virtuais	30
2.2.1 Características dos ambientes virtuais.....	32
2.2.2 Ambientes Virtuais Colaborativos.....	34
2.2.3 Ambientes Virtuais Construtivistas	35
2.2.4 Motivação e atratividade nos ambientes virtuais.....	36
2.3 Inteligência Artificial aplicada na educação	37
2.3.1 Inteligência Artificial Distribuída.....	38
2.3.2 Sistema Tutorial Inteligente	39
2.3.2.1 Características de um STI.....	40
2.3.2.2 Arquitetura de um STI.....	41
2.3.2.4 Migração dos STIs stand-alone para STIs baseados na Web	43

2.4 Exemplos de ambientes educacionais	44
2.4.1 SCHOLAR	44
2.4.2 HYDRIVE	45
2.4.3 AME-A	45
2.4.4 MathTutor.....	46
2.4.5 MutAntIs.....	46
2.4.6 MATHEMA	47
2.4.7 AUXILIAR.....	47
2.4.8 SlideTutor.....	48
2.4.9 SEstat.Net.....	48
2.4.10 Ambientes educacionais sobre CEQ	49
2.5 Laboratórios Virtuais	50
2.5.1 Laboratório Virtual da “Estação Ciência” da USP.....	51
2.5.2 LabVirtual - Ambiente de apoio a Laboratórios Virtuais de física.....	52
2.5.3 Simulation of Physics Experiments	53
2.5.4 Virtual Laboratories in Probability and Statistics	53
2.5.5 Laboratório de Experimentação Remota - RExLab	54
2.6 Controle Estatístico da Qualidade.....	55
2.6.1 Componentes do Controle Estatístico de Qualidade	56
2.6.1.1 Controle Estatístico de Processos	56
2.6.1.2 Outros componentes de CEQ	59
2.6.2 Utilização e ensino-aprendizagem de CEQ.....	59
2.7 Sistema Tutorial Inteligente em CEQ (STCEQ).....	61
2.7.1 Metodologia do Modelo	63
2.7.2 Ambiente computacional integrado à metodologia.....	64
2.7.2.1 Arquitetura do STCEQ.....	64
2.7.2.2 Características do STCEQ.....	65
2.7.2.3 Considerações a respeito do STCEQ.....	66
3. MODELO PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DO	69
DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE.....	69
3.1 Metodologia do modelo	71
3.1.1 Considerações prévias	73
3.1.1.1 Por que integrar um ambiente computacional ao modelo ?.....	73
3.1.1.2 Por que um ambiente distribuído via Internet ou Intranet?	74
3.1.1.3 Por que usar um laboratório virtual ?	77
3.1.1.4 Por que usar um ambiente inteligente ?.....	79
3.1.2 Estratégia Instrucional	81
3.2 Ambiente computacional	84
3.2.1 Abordagem da Inteligência Artificial incorporada ao ambiente	85
3.2.1.1 Representação do conhecimento	86
3.2.2 Características dos elementos do ambiente computacional.....	87
4. AMBIENTE VIRTUAL INTELIGENTE APLICADO EM.....	92
CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE VIA INTERNET	92
4.1 Introdução	92
4.2 Tecnologias envolvidas	93
4.3 Estrutura e ferramentas do ambiente.....	94
4.4 Forma de interação com o ambiente	97
4.5 Módulos inteligentes incorporados ao ambiente.....	98

4.5.1 Descrição sucinta da arquitetura dos módulos	99
4.5.2 Módulo Biblioteca.....	103
4.5.2.1 Conteúdos abordados.....	104
4.5.3 Módulo Problema.....	105
4.5.3.1 Tipos de problemas.....	106
4.5.3.2. Apresentação dos problemas	108
4.5.3.3 Questões dos problemas	110
4.5.4 Módulo Laboratório Virtual.....	112
4.5.5 Módulo Simulador.....	114
4.5.5.1 Gerador de números aleatórios	115
4.5.5.2 Apresentação dos resultados na Interface.....	116
4.5.6 Módulo Especialista	117
4.5.6.1 Especialista para cada tipo de problema.....	118
4.5.7 Módulo Tutor	120
4.5.7.1 Características Gerais do Tutor	121
4.6 Administração do ambiente.....	124
4.7 Monitoração dos aprendizes.....	125
4.7.1 Autenticação	127
4.7.2 Geração de <i>Log</i>	129
4.8 Exemplo de interação no ambiente	132
4.9 Avaliação do ambiente de ensino-aprendizagem	141
4.9.1 Entrevista com o professor de Estatística	142
4.10 Considerações Finais.....	143
CONCLUSÃO.....	144
5.1 Contribuições	146
5.2 Limitações	148
5.3 Trabalhos Futuros.....	150
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	152
ANEXO 1 – Fluxo de decisão do módulo Especialista - Questões 1 e 2 de problemas de apenas Estudos de Capacidade	162
APÊNDICE 1 – Código fonte do Módulo Tutor, tentativas de resposta.....	163
APÊNDICE 2 – Trecho do código fonte do Módulo Tutor, questões 1 e 2.....	164

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Atividades presenciais <i>versus</i> à distância.....	23
Quadro 2: Diferença entre stand-alone e Web.....	43
Quadro 3: Áreas abordadas nos Tutoriais.....	104
Quadro 4: Informações do Módulo Problema	106
Quadro 5: Questões dos problemas de apenas Gráfico de Controle.....	111
Quadro 6: Informações do Módulo Laboratório Virtual	113
Quadro 7: Autenticação	131
Quadro 8: Ir para 1ª página.....	132
Quadro 9: Ir para a 2º página.....	132
Quadro 10: Ir para a 3º página.....	132

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura básica de um Sistema Tutorial Inteligente.	42
Figura 2: Laboratório Virtual de Inércia.....	52
Figura 3: Condutor Retilíneo.....	53
Figura 4: Distribuição Binominal – moedas.....	54
Figura 5: Modelo para o ensino de CEQ.....	62
Figura 6: Aspectos da estratégia instrucional.....	63
Figura 7: Arquitetura do STCEQ.....	65
Figura 8: Modelo para o ensino-aprendizagem de CEQ.....	70
Figura 9: Elementos da estratégia instrucional.....	82
Figura 10: Estrutura e ferramentas do ambiente.....	95
Figura 11: Página principal do STCEQ.Net.....	98
Figura 12: Arquitetura módulos dos agentes inteligentes.....	99
Figura 13: Apresentação do Problema.....	110
Figura 14: Laboratório Virtual.....	114
Figura 15: Representação Gráfica dos resultados gerados.....	117
Figura 16: Fluxo de decisão para as tentativas de respostas.....	123
Figura 17: Área Administrativa.....	125
Figura 18: Modelo de Monitoração.....	127
Figura 19: Tela inicial do ambiente – Autenticação do usuário.....	128
Figura 20: <i>Menu</i> de Atividades sobre Gráficos de Controle.....	133
Figura 21: Exemplo da Atividade 1, Gráficos de Controle.....	134
Figura 22: Conjunto de problemas.....	135

Figura 23: Regras Heurísticas.....	136
Figura 24: Questões 1 e 2 - Problema1.	137
Figura 25: Mensagens de auxílio.....	138
Figura 26: Relatório – Desempenho no problema.....	139
Figura 27: Relatório Final.	140
Figura 28: Relatório sobre o Aprendiz.	141

LISTA DE ABREVIATURAS

c: n° totais de defeitos em cada amostra
CAI: Computer Assisted Introduction
CEQ: Controle Estatístico da Qualidade
CEP: Controle Estatístico de Processos
CSS: Cascading Style Sheets
CUSUM: Cumulative Sum
EAD: Educação a Distância
E-Mail: Eletronic Mail
EUA: Estados Unidos da América
EWMA: Exponentially Weighted Moving Average
HTML: HyperText Markup Language
ICAI: Intelligent Assisted Introduction
IA: Inteligência Artificial
IAD: Inteligência Artificial Distribuída
ISO: International Standard Organization
IX-MR: Medidas Individuais e Intervalos Movéis
MA: Moving Average
MR: Intervalos Movéis
np: n° de itens defeituosos
p: frações de itens defeituosos
PHP: Personal Home Page
R: Intervalos
RExLab: Laboratório de Experimentação Remota

S: Desvio Padrão

SGBD: Sistema de Gerenciamento de Banco de Bados

STI: Sistema Tutorial Inteligente

SDP: Solução Distribuída de Problemas

STCEQ: Sistema Tutorial Inteligente em CEQ

u: taxas de defeitos

USP: Universidade de São Paulo

URL: Uniform Resource Locator

VRML: Virtual Reality Modeling Language

\bar{X} : Média

WWW: World Wide Web

LISTA DE PUBLICAÇÕES

SANTOS, Antônio Venícius; REIS, Marcelo Menezes. Ambiente Virtual Inteligente para o ensino de Controle Estatístico da Qualidade - STCEQ.Net . In: WIE 2005- XI WORKSHOP SOBRE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 2005, São Leopoldo – RS . Anais... do SBC 2005. 2005.

RESUMO

O Controle Estatístico da Qualidade, CEQ, é uma ferramenta considerada indispensável quando se fala em qualidade de serviços e produtos nas organizações. Como os consumidores estão exigindo produtos com qualidade as empresas estão dando mais atenção a esta área para garantir a sua sobrevivência. Entretanto, apesar do fato de ser ensinado em vários cursos, existem evidências de que o CEQ vem sendo empregado de forma inadequada. Portanto, ao visualizar este cenário o presente trabalho tem por objetivo principal definir um modelo para a sanar esta deficiência. O modelo é composto de uma metodologia e um ambiente inteligente suportando um laboratório virtual. Objetiva-se também que o ambiente possa suprir as necessidades individuais de cada aprendiz, além de possibilitar a interação entre os vários usuários, resultando em um processo colaborativo de ensino-aprendizagem. Como mecanismo auxiliar no processo de ensino-aprendizagem o modelo possui um laboratório virtual inteligente, onde o aprendiz poder fazer suas experiências sobre o assunto de seu interesse, com o acompanhamento de um agente tutor. Assim, se tem um ambiente educacional onde os aprendizes podem aprender, refletir, e tirar suas dúvidas sobre CEQ.

Palavras-chave: Controle Estatístico da Qualidade, Ambiente Virtual Inteligente, Laboratório Virtual, Ambiente Distribuído.

ABSTRACT

Statistical Quality Control, SQC, is an invaluable tool for quality improvement of services and products. As the consumers are demanding products with quality the companies are giving more attention to this area to guarantee its survival. However, in spite of the fact of being taught in several courses, SQC has been used in an inadequate way. Therefore, in this scenery the present work has as main objective to define a model to heal this deficiency. The model is composed of a methodology and an intelligent environment supporting a virtual laboratory. Besides, the environment can supply each student's individual needs, making possible interaction among all users, resulting in a Cooperative teaching-learning process. As an auxiliary mechanism in the teaching-learning process, the model possesses an intelligent virtual laboratory, where the student can make your experiences on the subject of your interest, with the accompaniment of a tutor agent. Thus, one has an educational environment where the students can learn, to contemplate, and to clarify their doubts on SQC.

Key words: Statistical Quality Control, Intelligent Virtual Environment, Virtual Laboratory, Distributed Environment.

1. INTRODUÇÃO

Com o advento da tecnologia nas instituições educacionais, principalmente dos computadores e da Internet, surge um cenário onde se observa a consolidação da sua importância como meio de acesso à informação de forma distribuída e rápida, não obstante seu papel fundamental de meio de comunicação. E também facilitando e flexibilizando colaboração entre aprendizes, professores, universidades e dentre outros. Ao se observar a tecnologia como meio de ensino-aprendizagem, pode-se perceber que existe um grande interesse no desenvolvimento de ferramentas que auxiliem a utilização educacional efetiva. Desta forma, estes novos meios são utilizados, cada vez mais, procurando melhorar o processo educacional.

Na opinião de Valente (2004), com a inserção das novas possibilidades de uso do computador este pode ser considerado como uma ferramenta educacional, uma ferramenta de complementação, de aperfeiçoamento, e até mesmo um meio pelo qual é possível melhorar o processo de ensino, isto é, um novo recurso didático auxiliar.

Segundo Santos (2002, p.12), é extremamente comum se presenciar afirmações de que a tecnologia transformará os sistemas educacionais. Porém, acredita-se que as mídias educacionais, tomadas isoladamente, não influenciam de forma significativa o desempenho dos aprendizes.

Segundo Porter (1997), a Internet pode ser considerada a maior revolução tecnológica das últimas décadas na área da informática e das comunicações. Ela é tão importante que passa instantaneamente a fazer parte do dia-a-dia de cada indivíduo,

sendo difícil imaginar o mundo sem ela. Este mesmo fato ocorreu com a imprensa, o rádio, o telefone e a televisão.

Dentre as várias abordagens de utilização do computador na educação destacam-se os Sistemas Tutoriais Inteligentes, STIs. Estes sistemas empregam técnicas de Inteligência Artificial (IA) para simular o pensamento humano em um certo domínio, procurando auxiliar os aprendizes na construção da melhor estratégia para resolverem os problemas propostos pelo sistema.

Dentre as várias áreas onde é possível utilizar um sistema inteligente para tentar melhorar o processo de ensino-aprendizagem, pode-se destacar o Controle Estatístico da Qualidade (CEQ). Este domínio compreende um conjunto de ferramentas muito importantes para a avaliação, manutenção e melhoria da Qualidade de produtos e processos nas organizações (ASQC/AIAG,1992) (Montgomery, 1997) (Paladini, 1995).

Nas seções subseqüentes serão apresentados a motivação, objetivos, metodologia, justificativas, resultados esperados, delimitações e a estrutura do trabalho.

1.1 Motivação

O autor deste trabalho vem participando de grupos de pesquisa relacionados a ambientes educacionais há alguns anos, onde foram desenvolvidos ambientes virtuais e laboratórios virtuais para o apoio ao processo educacional, por exemplo, ambiente educacional apoiado por Laboratório Virtual de Física, como descrito em Santos, Pérez e Trentin (2002). Assim, surge com este trabalho a possibilidade de se adquirir novos conhecimentos, CEQ e sistemas inteligentes.

O fator importante para o desenvolvimento da presente Dissertação está na possibilidade do autor vir a utilizar sua experiência no desenvolvimento e avaliação de um ambiente educacional, e principalmente a possibilidade de dar continuidade ao trabalho desenvolvido por Reis (2001). Além, da necessidade de disponibilizar um modelo educacional mais completo, dinâmico e flexível para auxiliar o ensino-aprendizagem de CEQ.

1.2 Objetivos

Os objetivos do presente trabalho, geral e específicos, estão definidos logo abaixo.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é elaborar um modelo para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem em CEQ, incluindo uma metodologia e um ambiente virtual inteligente que possibilite sua utilização em ambientes distribuídos (Intranet ou Internet).

1.2.2 Objetivos Específicos

Para que o presente trabalho possa alcançar seu objetivo principal é necessário que sejam alcançados os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar os conteúdos e técnicas de CEQ;
- Expor os princípios do processo de ensino-aprendizagem de CEQ;
- Projetar e desenvolver um modelo educacional para o ensino-aprendizagem de CEQ;
- Apresentar uma metodologia educacional para o processo ensino-aprendizagem de CEQ;
- Elaborar de um ambiente virtual Inteligente chamado de STCEQ.Net, usando princípios de Inteligência Artificial Distribuída, Sistemas Especialista e Sistemas Tutoriais Inteligentes;
- Desenvolver um Laboratório Virtual Inteligente, o qual faz parte do modelo proposto;

- Criar um sistema de monitoração do ambiente educacional;
- Apresentar e analisar diferentes ambientes educacionais;
- Disponibilizar um sistema que possibilite personalização do processo educacional;
- Avaliar a metodologia e o ambiente computacional desenvolvido, STCEQ.Net.

1.3 Metodologia da pesquisa

As tarefas necessárias para a realização deste trabalho são as seguintes:

- Investigar ferramentas, técnicas e metodologias que favorecem o aprendizado de CEQ;
- Investigar as técnicas e métodos da Inteligência Artificial, mas especificamente Inteligência Artificial Distribuída e Sistemas Especialista;
- Pesquisar as ferramentas, abordagens e métodos para a definição de um STI;
- Utilizar as teorias de aprendizagem, principalmente o construtivismo no projeto do modelo proposto;
- Analisar as características e princípios das técnicas de CEQ;
- Obter auxílio de um especialista em CEQ;
- Pesquisar ambientes educacionais que tenham características semelhantes ao proposto, inclusive os ditos Laboratórios Virtuais;
- Implementar um Sistema Inteligente baseado no STCEQ elaborado por Reis (2001);
- Pesquisar métodos e técnicas para a definição da monitoração do aprendiz;

- Avaliar o ambiente educacional desenvolvido.

1.4 Justificativas

Segundo Alwan e Roberts (1995), mesmo o CEQ tendo tanta importância para as organizações é freqüentemente mal utilizado, ou pior ainda, não utilizado. Este fato ocorre devido à má escolha de técnicas para resolver um determinado problema, ou pela própria ignorância das suposições que são necessárias para o uso de tais técnicas.

De acordo com Reis (2001, p.23), existem diversos motivos para o mau uso das técnicas de CEQ. Dentre estes, o treinamento inadequado pode ser um deles: isto ocorre quando os aprendizes não são conscientizados da importância da qualidade e das técnicas de CEQ, ou mesmo na própria má transmissão dos conceitos necessários para a escolha e aplicação da técnica mais adequada para um determinado tipo de problema.

De acordo com Epprecht e Machado Neto (1996), este problema na utilização do CEQ não ocorre somente no Brasil. Esta falha ocorre também em vários outros países, inclusive em países considerados de *primeiro* mundo. Esta opinião também é compartilhada por Stenberg e Deleryd (1999), Dahlgaard et al. (1998) e Lee et al.(1997).

Com base nisto, Reis (2001) desenvolveu um modelo para o ensino do CEQ, o qual incorporaria um ambiente computacional para a prática dos conceitos e habilidades necessárias chamado de STCEQ. O conteúdo e a metodologia foram criados após a realização de uma pesquisa sobre o emprego e o ensino do CEQ.

Apesar de se acreditar que o STCEQ conseguiu atingir em parte seu objetivo, amenizar problemas causados pelos treinamentos inadequados, ainda existem diversos pontos que podem ser melhorados. A seguir serão apresentados resumidamente estes pontos, eles irão ser melhor detalhados no decorrer deste trabalho, como por exemplo:

- inclusão de ferramentas de colaboração entre os aprendizes;
- flexibilidade de tempo e espaço;

- interação e a usabilidade;
- gerador de números aleatórios em *milisegundos*;
- laboratório virtual com experimentos virtuais;
- As mensagens de recomendação;
- agente gerador de *Log*;
- novos aspectos pedagógicos em ambientes distribuídos;
- a navegação de forma dinâmica;
- manutenção nos estudos de casos da resolução de problemas.

Uma das ferramentas que podem apoiar na participação efetiva do aprendiz são os laboratórios virtuais, pois possibilitam uma grande interatividade com o aprendiz através dos experimentos virtuais.

Devido às limitações do modelo e conseqüentemente do ambiente educacional STCEQ, além da necessidade de colocar à disposição dos aprendizes uma ferramenta onde se possa ter um aprendizado mais completo, e assim, venha a solucionar o problema exposto, decidiu-se desenvolver o presente trabalho tendo como base fundamental o trabalho de Reis (2001). Além disto, ao se observar as ferramentas, técnicas e metodologias que favorecem o aprendizado de CEQ e estimulem a utilização e interação nos ambientes de aprendizagem virtuais inteligentes, nota-se que a área carece de um modelo que possua uma metodologia e ambiente virtual inteligente com suporte a um laboratório virtual que seja flexível e possibilite a colaboração entre os aprendizes.

Assim, é necessária a definição de um modelo e um ambiente Inteligente via Internet possuindo um Laboratório Virtual voltado para o ensino-aprendizagem de CEQ. Desta forma, possibilitando aos aprendizes um possível ganho no processo de ensino-aprendizagem.

1.5 Resultados esperados

Com a realização deste trabalho os resultados esperados são os seguintes:

Servir de base para a definição, modelagem de ambientes educacionais, mais especificamente desenvolvimento de ambientes inteligentes para o ensino de Estatística e áreas afins;

Melhorar os conhecimentos dos aprendizes e profissionais de CEQ, ou seja, que possam a partir da metodologia e ambiente proposto aplicar as técnicas adequadas e aumentarem a qualidade dos produtos e serviços das organizações.

1.6 Delimitações

Durante o desenvolvimento do presente trabalho foram feitas algumas especificações relacionadas à delimitação, são elas:

O público alvo neste primeiro instante são aprendizes universitários, do curso de engenharia e computação, os quais já tenham cursado disciplinas consideradas pré-requisitos de CEQ, como estatística básica.

De acordo com Woodall e Montgomery (1999, p. 376-386), CEQ pode ser ramificado em CEP (Gráficos de Controle e Estudos de Capacidade de Processos), Aceitação por Amostragem e Planejamento de Experimentos.

O conteúdo do modelo, projeto e desenvolvimento do ambiente educacional foram basicamente focados no Controle Estatístico de Processos (CEP) e Estudos de Capacidade de Processos, apesar de possuir informações a respeito dos outros tópicos de CEQ.

Entretanto, serão apresentadas informações ditas mais importantes referentes ao Planejamento de Experimentos, devido à relevância que esta área vem recebendo nas organizações. Segundo Reis (2001, p.32), devido à grande abrangência e complexidade desta área seria necessário definir um modelo de ensino próprio.

1.7 Estrutura do Trabalho

Este documento está organizado em cinco capítulos, onde cada um possui pontos importantes para a produção do estudo realizado neste trabalho.

No capítulo 2 é apresentado diversos conceitos e características que servem como fundamentação teórica e empírica para o presente documento. Serão mostrados os motivos que levam o uso da tecnologia na educação, suas vantagens, características, quais as contribuições que a Internet pode vir a trazer para o ensino-aprendizagem. Além disto, serão detalhados alguns tipos de ambientes virtuais voltados para educação. Outro ponto fundamental neste capítulo diz respeito a Inteligência Artificial aplicada na Educação, onde são descritos suas abordagens, técnicas, funcionamento. Ainda são mostrados exemplos de ambientes educacionais, as características dos laboratórios virtuais e alguns exemplos. Outro item essencial diz respeito ao domínio ao qual este trabalho está inserido, Controle Estatístico da Qualidade, CEQ, onde são apresentados os conceitos e as características. Por fim, são tratados neste capítulo sobre o sistema STCEQ, modelo, metodologia, arquitetura e características, e os pontos que podem ser melhorados.

No capítulo 3 é apresentado o modelo para o ensino-aprendizagem de CEQ, detalhando a metodologia e o ambiente computacional. Assim, demonstrando os motivos para a adoção das características principais da metodologia e seu funcionamento, e também são descritos as características do ambiente computacional que faz parte do modelo.

No capítulo 4 é abordado o Sistema Virtual Inteligente propriamente dito, quais tecnologias estão envolvidas, a estrutura e ferramentas do ambiente, como é feita a interação entre o usuário e o ambiente. Outro ponto chave, diz respeito aos agentes inteligentes incorporados ao ambiente, suas descrições e características. Além disto, é apresentada a área administrativa do ambiente, os agentes de monitoração, finalizando, é dado um exemplo de interação com ambiente.

Para o fechamento deste trabalho são apresentadas no capítulo 5 as conclusões, contribuições e sugestões de trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E EMPÍRICA

Neste capítulo serão apresentados a fundamentação teórica e empírica da pesquisa, modelagem e elaboração do modelo de ensino-aprendizagem para CEQ.

2.1 Tecnologia na educação

Segundo Carneiro et al. (2005), o computador usado na escola ou usado como forma de aprendizado fora dela, tenta aprimorar o potencial de cada aprendiz. O computador serve como complementação às aulas presenciais para reforçar o ensino-aprendizado, estimular a curiosidade, incentivar a criatividade e a localização de novas descobertas, e assim, como qualquer programa extracurricular. Devido a este fato, o computador se tornou um meio de grande importância na sala de aula, possibilitando o crescimento do desenvolvimento de ambientes educacionais a cada dia.

A tecnologia na educação tem trazido muitas vantagens e novas possibilidades de educar e aprender, por exemplo, a Educação à Distância. O computador, como ferramenta de apoio à educação

tem obtido muito sucesso, devido às vantagens que possui, como as observadas por Preto e Gabriel:

[...] o aprendiz poder estudar onde e quando quiser e no seu próprio ritmo; barateamento do custo de alguns cursos, pois não ocorre a necessidade de deslocamento de pessoal e material; desenvolvimento de interfaces cada vez mais amigáveis e utilização de diversos conceitos de hipermídia, inteligência artificial, pedagogia e outros. O ensino a distância existe há vários anos, no entanto a utilização da Web para esse fim é um processo mais recente. A

aprendizagem através da Web é uma das formas de educação à distância (EAD), tipo de aprendizagem onde professores e aprendizes estão separados pelo tempo e/ou espaço. Antes do advento da Web, o material didático para ensino a distância era divulgado através de recursos impressos, áudio e vídeo (2000).

Segundo Registro, Scapin e Júnior (2004), o computador e a Internet podem auxiliar na melhoria do aprendizado em sala de aula, começando a fazer parte da mesma, mas desde que não se atribua uma importância que estes não tenham, e também, não se exijam resultados ou meios que eles não podem fornecer, a não ser, munido de software adequado para a implantação.

Na opinião Registro Scapin e Júnior (2004), a informática pode ser usada de muitas formas para ajudar a educação, como pode ser visto:

- a possibilidade do educador entrar num processo contínuo de atualização de seu conhecimento a respeito da realidade do mundo científico e tecnológico;
- disponibilizar ao alcance do professor e dos aprendizes um vasto repertório de conhecimento, propiciando ao professor o acesso às investigações realizadas em sua área de atuação;
- dar condições de tornar a aula mais atrativa e menos cansativa, uma vez que o aprendiz pode visualizar representações de situações e problemas, relacionadas ao seu cotidiano, a partir do desenvolvimento de um ferramental que facilite relacionar elementos concretos com as visualizações abstratas, como é o caso, por exemplo, da física, engenharia e o Controle Estatístico de Processos.
- tornar disponível a um universo mais amplo o uso desta tecnologia proposta;
- levar os aprendizes a aprenderem a pensar como cidadãos num mundo em processo de globalização.

Segundo Faria e Bittencourt (2000), existe a necessidade de contribuições originadas no contexto da tecnologia aplicada à educação, pois o computador tem se tornado um indispensável mecanismo no processo educacional. O crescente estudo e

desenvolvimento de tecnologias que possibilitam a realização de educação à distância mediada por computador é um exemplo do quão importante é este instrumento no processo de educação. Desta forma, nota-se cada vez mais a necessidade de desenvolvimento de sistemas que possam auxiliar o processo educacional e que alcancem resultados efetivos.

2.1.1 Software Educacional

De acordo com Raabe, Javimczic e Giraffa (1996, p. 45-54), um programa de computador que utiliza uma metodologia com aspectos educacionais ressaltados e que auxilia as necessidades de aprendizes e professores no que se refere ao processo de ensino-aprendizagem é denominado software educacional.

Segundo Valente (2004), para o desenvolvimento de um software educacional, são necessárias certas estratégias que fazem com que o conhecimento não seja simplesmente passado para o aprendiz, mas sim permite que o aprendiz torne-se construtor de seu próprio conhecimento. Existem algumas características desejáveis em softwares educacionais, a saber:

- buscar a aprendizagem a partir da ação consciente do aprendiz junto à interface do software;
- possibilitar uma maior autonomia dos aprendizes, para que possam elaborar hipóteses e testá-las na prática, exercitando sua habilidade de aprender a aprender;
- definir ambientes abertos, ou seja, onde o aprendiz possui um conjunto indeterminado de possibilidades de exploração, podendo assim refletir sobre as conseqüências de cada ação proferida;
- despertar a curiosidade, e incentivar o aprofundamento nas questões teóricas trabalhadas na prática;

- auxiliar no desenvolvimento das habilidades de estruturação lógica de pensamento, análise e interpretação dos resultados.

De acordo com Boff e Giraffa (2000), um software educacional deve ser visto muito além de uma representação aprazível e uma proposição de divertimento. Desta forma, é necessário que o projeto e a observância das diretrizes e dos requisitos venham a garantir qualidade técnica, performance, além de um conteúdo específico.

Segundo Carneiro et al. (2005), para que a tecnologia possa ser usada com a finalidade educacional ou em atividades curriculares, é preciso que sua qualidade e sua pertinência sejam, a priori, analisadas de modo a atender às áreas de aplicação a que se destina e, principalmente, satisfação das necessidades dos usuários, desenvolvendo a investigação e o pensamento crítico, para que os aprendizes aprendam de forma eficaz.

2.1.2 Educação à Distância

A EAD pode ser considerada uma realidade, pois está em franca ascensão, comparada a outras abordagens na tentativa de se encontrar novos mecanismos que venham auxiliar o processo de ensino-aprendizagem. Mas esta forma de educação já está presente entre os povos há muitos anos, tendo muitas experiências de sucessos e fracassos ao longo dos anos.

De acordo com Martínez (2004), a EAD pode ser considerada uma estratégia para operacionalizar os objetivos da educação permanente e aberta. Desta forma, qualquer pessoa, pode ser o sujeito principal de sua própria aprendizagem, e este aprendizado não depende do tempo ou espaço. Este fato acontece devido ao uso sistemático de meios educacionais e também pelas diferentes formas e meios de comunicação.

Segundo Preto e Gabriel (2000), a EAD pode ser colocada entre a educação presencial e a autodidata, pois a EAD conta com um agente que atua como tutor (mediador ou professor) que tem o objetivo de apoiar os aprendizes durante o seu aprendizado. O tutor deve tentar motivar e facilitar aprendizagem, mas também deve

avaliar a aprendizagem dos sujeitos. No entanto, é possível que um sujeito autodidata, que possua ótimos materiais didáticos (auto-instrucionais), possa ser capaz de adquirir um bom conhecimento sozinho ou parcialmente sozinho.

A Educação à Distância possui muitas características, que devem ser levadas em conta quando se fala em educação independente de espaço e tempo. De acordo com Kaye e Rumble (2005), as características são:

- atender aos aprendizes que estão dispersos geograficamente e, em particular, àqueles que se encontram em zonas periféricas, que não dispõem das redes das instituições convencionais;
- administrar meios de comunicação múltiplos, que possam enriquecer os recursos de aprendizagem e excluir a dependência da educação presencial;
- favorecer a possibilidade de melhorar a qualidade da instrução dada ao aprendiz quando for atribuída a elaboração dos materiais didáticos aos melhores especialistas;
- personalizar o processo de aprendizagem, para garantir uma seqüência de estudos que possa responder ao rendimento do aprendiz;
- promover a formação de habilidades para o trabalho independente e para um esforço auto-responsável;
- dar uma formalização nas vias de comunicação bidirecionais e freqüentes relações de mediação dinâmica e inovadora;
- não tirar o aprendiz do seu meio cultural;
- os custos são decrescentes, pois após um investimento inicial, é possível conseguir uma cobertura bastante ampla;
- é possível combinar a produção centralizada com a descentralização;

- precisa de meios de atuação eficientes e eficazes na atenção de necessidades conjunturais da sociedade, sem levar em conta os desajustes provocados pela separação dos usuários de seus campos de atuação.

De acordo com Gomes e Souza (2000), a EAD não tem o objetivo de substituir a educação tradicional. O que ela objetiva é a complementação da educação presencial. Deste modo, esta abordagem não substitui o professor, muito pelo contrário, valoriza ainda mais suas capacidades, pois o motiva a educar de forma cooperada com muitas outras habilidades e especializações, ampliando o seu trabalho.

Devido a diferença entre a EAD e a educação presencial Assim, é importante que os educadores saibam diferenciar a EAD e a educação presencial diferenciá-las para que possam usar estas formas de ensinar e educar da melhor maneira possível. No Quadro 1, é possível observar um comparativo entre as aulas presenciais e as aulas à distância.

Quadro 1: Atividades presenciais *versus* à distância

Aula presencial	Aula à distância
Notas de aula impressas são distribuídas no primeiro encontro.	Notas de aula são disponibilizadas na Web semanas antes do primeiro encontro.
Perguntas são feitas e respondidas nas aulas.	Para reduzir o tempo que o professor utiliza com esclarecimentos, as perguntas feitas e suas respectivas respostas são organizadas em listas (FAQ's). As perguntas são feitas via correio eletrônico, por exemplo.
A lista de aprendizes é fornecida ao professor no primeiro dia de aula.	A lista de aprendizes e seus respectivos endereços eletrônicos são disponibilizados para todos a partir do início do curso.
A aplicação de avaliações é realizada no final de cada unidade a fim de verificar o desempenho dos aprendizes. Os aprendizes devem se incluir no ritmo do grupo.	A partir dos testes o professor pode acompanhar o desempenho do aprendiz passo-a-passo e identificar aqueles aprendizes que estão com problemas. Então, o professor pode organizar pequenos tutoriais/grupos de discussão para estes aprendizes. Os aprendizes realizam os testes de acordo com o seu ritmo individual.
Nas aulas tradicionais os professores trabalham com grupos maiores e eles estimulam a colaboração através de atividades em laboratório.	No ensino a distância é importante o planejamento dos encontros via chat a fim de possibilitar a interação direta aprendiz professor. Ferramentas de comunicação são também bem vindas para anunciar assuntos ou discussões gerais para o grupo de aprendizes. Uma página Web é importante para obter o <i>feedback</i> dos aprendizes.

Fonte: FRANCIOSI et al., (2001).

A EAD começa a ser usada em grande escala, em várias áreas do conhecimento, mas para que realmente possa surtir efeito ela não pode ser usada com o intuito de substituir a educação presencial.

Sobre a educação presencial e à distância Moran ainda diz que,

A educação presencial e à distância começam a ser fortemente modificadas e todos nós, organizações, professores e aprendizes somos desafiados a encontrar novos modelos para novas situações. Ensinar e aprender, hoje, não se limita ao trabalho dentro da sala de aula. Implica em modificar o que fazemos dentro e fora dela, no presencial e no virtual, organizar ações de pesquisa e de comunicação que possibilitem continuar aprendendo em ambientes virtuais, acessando páginas na Internet, pesquisando textos, recebendo e enviando novas mensagens, discutindo questões em fóruns ou em salas de aula virtuais, divulgando pesquisas e projetos (2005c).

De acordo com Prado (2003), a EAD é um modo de ensino que vem como alternativa auxiliar ao ensino-aprendizagem tradicionalmente presencial. Esta nova possibilidade disponibiliza aos sujeitos, independente do lugar onde moram ou tempo disponível, a oportunidade de iniciar ou complementar seus estudos. Com a rápida evolução da tecnologia de informação e comunicação as possibilidades de uso da EAD foram ampliadas, assim como os recursos oferecidos pelas mesmas. A Internet é um dos mecanismos que desempenha um importante papel no EAD, uma vez que facilita o acesso a enormes repositórios de informação, materiais e ambientes de ensino-aprendizagem.

2.1.3 Acompanhamento do aprendizado

De acordo com Silva e Vieira (2001), é possível diferenciar o acompanhamento dos aprendizes na educação presencial e na educação à distância pela observação realizada pelo professor, que não pode mais contar com a *face-a-face* da sala de aula. Pode-se dizer que em grande parte dos ambientes computacionais para EAD que realizam algum tipo de acompanhamento do aprendiz, a observação é feita por meio de uma documentação das interações do aprendiz com o ambiente. Tal observação

considera que a análise do histórico das ações do aprendiz pode revelar a influência da sua forma de estudo em seu aproveitamento.

Ainda segundo Silva e Vieira (2001), a utilização do computador torna possível capturar algumas características do aprendiz, à distância, e analisá-las de uma maneira análoga ao comportamento de um aprendiz de um curso presencial. O grau de interesse, a participação, o comportamento social, podem ser vistos pela ótica computacional. Neste contexto, é dado foco basicamente, nas interações dos aprendizes com o ambiente de ensino-aprendizagem. Por exemplo, o grau de interesse e a participação do aprendiz podem ser observados pela frequência com que o mesmo acessa o ambiente educacional, enquanto que o comportamento social pode ser delineado pelo rastreamento de suas comunicações.

Na opinião de Padilha, Almeida e Alves (2003, p.2), é possível observar alguns problemas relacionados à EAD. Entretanto, pode-se destacar o acompanhamento das tarefas realizadas pelos aprendizes, referente à avaliação do que foi realmente aprendido. Até o momento, os ambientes educacionais existentes definem a modelagem do aprendizado do aprendiz analisando, por exemplo, a quantidade de acessos ao ambiente. Todavia, o número de acessos ao ambiente por si só não acarreta um possível aprendizado, de forma que um aprendiz pode acessar várias vezes o ambiente sem contribuir com as atividades.

O acompanhamento do aprendiz durante o processo de aprendizado é extremamente importante, pois é interessante que o professor saiba por onde o aprendiz anda navegando. Com estas informações em mãos o educador poderá inferir se a estratégia educacional adotada está correta, ou ainda possíveis melhorias que devam ser aplicadas no ambiente educacional em questão.

Segundo Padilha, Almeida e Alves (2003, p. 2), para que se possa acompanhar a evolução do aprendizado do aprendiz nos ambientes de ensino-aprendizagem é necessário guardar um histórico das interações dos aprendizes entre si e dos aprendizes com o ambiente, analisando posteriormente sua participação efetiva na execução das atividades. Desta forma, é relevante um mecanismo automatizado para desempenhar

essas tarefas, pois as informações sobre as interações são de suma importância no que tange a análise e escolha da estratégia educacional adotada pelo professor.

2.1.4 Internet como mecanismo de ensino-aprendizagem

Segundo Chaves (1999), o que fascina nos recursos oferecidos pelas novas tecnologias, em especial na Internet, não é o fato de que se pode ensinar à distância com o auxílio delas e sim que elas permitem criar ambientes ricos em possibilidades de aprendizagem, em que pessoas interessadas e motivadas podem aprender praticamente qualquer coisa.

De acordo com Garcia (2004), no contexto da educação, a Internet pode ser colocada como o mais completo, abrangente e complexo mecanismo de ensino-aprendizado que se tem disponível. Pode-se através desta tecnologia, encontrar fontes de informação que possibilitam estudar um grande número de áreas diferentes.

Na opinião de Gomes e Souza (2000), no processo educacional é possível contar com muitos meios de transmissão da informação, desde a televisão educativa, à videoconferência e Internet. Mas a Internet é o recurso que traz mais possibilidades de mudanças nos modelos educacionais existentes. Este fato ocorre porque a Web coloca à disposição um ambiente completamente diferente dos que foram usados até então, pois ela permite a socialização, que é uma das principais metas da educação e que não recebia ênfase em outros ambientes.

Na opinião de Carneiro et al. (2005), com o aparecimento de sofisticadas tecnologias interativas, os professores passaram a usar ferramentas ou meios tecnológicos como: Eletronic Mail, e-mail, Internet, áudio e vídeo-conferência. A ferramenta da Internet que mais tem chamado atenção dos educadores, e conseqüentemente que está sendo muito utilizada, é o WWW, a qual possibilita a elaboração de treinamentos à distância com avançados mecanismos multimídia.

Segundo Gomes e Souza (2000), nos treinamentos oferecidos à distância via Internet pode-se notar que o procedimento adotado pela maioria dos educadores é

utilizar como base a educação tradicional que é usada nos cursos presenciais. Este fato ocorre porque muitos deles não saberiam como ensinar de modo diferente na necessidade de usar a tecnologia. Sendo assim, a Internet, seria uma forma de disponibilizar a informação, e não um meio de criar ambientes cooperativos de ensino-aprendizagem.

De acordo com Jonassen (1996, p.70-83), a Internet mudou a forma como as pessoas guardam e buscam informações, conduzem negócios e respondem as questões em nossa sociedade. Poucos previram o impacto revolucionário que isso provocaria. Entretanto, o Internet está se tornando a primeira fonte para a qual os aprendizes se voltam quando têm indagações sobre informação. Como todas as formas de hipertexto, ela apóia a aprendizagem construtivista quando os aprendizes têm um motivo para consulta, uma necessidade de informação a preencher, uma intenção de folhear, uma curiosidade para preencher ou intenção a satisfazer. Portanto, a Internet precisa ser integrada às atividades instrutivas em programas de aprendizagem. Isto significa que a educação deve fornecer um motivo significativo ou razão para a procura da informação. A educação também necessita ensinar ao aprendiz os recursos e a lógica da busca no mundo virtual para maximizar o valor da localização da informação. Enfim, a Internet possibilita, é já vem sendo muito usada, *na aprendizagem pela exploração*.

De acordo com Moran (2002b), a Internet favorece a construção colaborativa, o processo de aprendizagem em grupo entre professores e aprendizes, próximos física ou virtualmente. Neste contexto, existem muitas formas para utilizar esta colaboração. Por exemplo, pode-se participar de pesquisas em tempo real, de projetos entre muitos grupos, de investigações sobre um problema da atualidade, dentre outros.

Conforme Registro, Scapin e Júnior (2004), os recursos do computador e da Internet podem oferecer condições das aulas se tornarem mais atrativas e menos cansativas, servindo de estímulo ao aprendizado dos educandos. E ainda, aprendizes que nunca tiveram contato mais direto com um computador, após às aulas estarão sabendo manuseá-lo sem grandes dificuldades. Por outro lado, o computador e a Internet são simplesmente recursos a mais do processo ensino/aprendizagem, aliados a vários outros existentes, como TVs, vídeos, livros, etc., não podendo, jamais serem vistos como os salvadores dos múltiplos problemas enfrentados pelas escolas públicas brasileiras.

2.1.5 Utilizando de modo correto a tecnologia

Para poder alcançar a eficácia no uso da EAD é necessário observar os aspectos educacionais envolvidos no processo de ensino. Nunes descreve que,

Os aprendizes, geralmente, têm forte influência dos métodos presenciais e, principalmente, são pouco educados a estudar a partir de seu próprio esforço individual. Neste caso, é fundamental que se oriente o aprendiz (não só em um momento inicial, mas durante todo o período em que estiver realizando atividades a distância) a estudar por conta própria, desenvolvendo habilidades de independência e iniciativa (2005).

Segundo Registro, Scapin e Júnior (2004), mesmo quando ocorrem condições adequadas ao processo de ensino-aprendizagem via Web, as alterações podem ainda não ocorrer de maneira significativa. Por exemplo, acesso a *sites* que só possuam leituras de páginas puramente textuais. Estas páginas não exercem nenhum fascínio no aprendiz. Este tipo de atividade equivale à convencional, ou seja, a fonte de informação é centrada na figura do professor ou no livro didático adotado, que neste caso é o livro eletrônico.

Quando se utiliza a mídia como mecanismo para auxiliar os aprendizes a adquirir o conhecimento desejado possibilitasse um ferramental, onde os aprendizes podem criar visualizar suas representações dos fatos sobre o conteúdo que se está estudando. Esta representação dos fatos normalmente facilita a compreensão dos problemas que aparecem nos estudos de casos em diversos conteúdos.

De acordo com Valente (2004a), a mudança da função do computador como meio educacional acontece juntamente com um questionamento da função da escola e do papel do professor. A verdadeira função do aparato educacional não deve ser a de ensinar, mas sim a de criar condições de aprendizagem. Isto significa que o professor deve deixar de ser o repassador do conhecimento (o computador pode fazer isto), e passar a ser o criador de ambientes de aprendizagem e o facilitador do processo de desenvolvimento intelectual do aprendiz.

De acordo com Santos (2002), as novas tendências de uso da tecnologia da informação para o processo de ensino-aprendizagem podem e devem vir a ser grandes

aliadas no processo de ensino-aprendizagem. Assim, a tecnologia pode auxiliar o educador a melhorar as aulas e os aprendizes a entenderem melhor os conceitos explicados pelos professores.

Do ponto de vista do contexto educacional o que se espera do aprendiz é que ele esteja motivado e se utilize dos recursos tecnológicos para realizar suas atividades na busca de novos conhecimentos. É espero que estes softwares que têm o objetivo de *auxiliar a construir o conhecimento* venham a oferecer condições aos aprendizes de resolverem problemas ou realizarem tarefas. A construção do conhecimento acontece pelo fato de o aprendiz ter que buscar novas informações para complementar ou alterar o que ele já possui. Além disso, o aprendiz está criando suas próprias soluções, está pensando e aprendendo sobre como buscar e usar novas informações.

Desta forma, pode-se dizer que o aprendiz está aprendendo a aprender. Estes argumentos têm sido usados para fortalecer o uso do computador como ferramenta ao invés de *máquina de ensinar*. Como ferramenta ele pode ser adaptado aos diferentes estilos de aprendizado, aos diferentes níveis de capacidade e interesse intelectual, às diferentes situações de ensino-aprendizagem, inclusive dando margem à criação de novas abordagens.

Segundo Valente (2005), embora essa idéia seja mais adequada na formação de profissionais para a sociedade atual, ela tem se mostrado mais complicada na sua implantação. Muito provavelmente não se alcançarão os objetivos almejados simplesmente colocando o aprendiz em frente ao computador. A interação aprendiz-computador precisa ser mediada por um profissional que tenha conhecimento do significado do processo de aprendizado através da construção do conhecimento, que entenda profundamente sobre o conteúdo que está sendo trabalhado pelo aprendiz e que compreenda o potencial do computador. Esses conhecimentos precisam ser utilizados pelo professor para interpretar as idéias do aprendiz e para intervir apropriadamente na situação, de modo a contribuir no processo de construção de conhecimento por parte do aprendiz.

De acordo com Almeida (2004), os educadores em geral não conhecem o que é aprender, conhecer, saber. O desconhecimento do que significa de fato aprender leva

muitas vezes o professor a praticar e criar uma metodologia de trabalho que David Caraher apelidava de *ensina e reza*, ou seja, o educador ensina e reza para que os aprendizes aprendam. Este fato ocorre porque o professor não tem o menor conhecimento do que se passa no interior dos processos cognitivos dos sujeitos.

Na opinião de Almeida (2004), a localização da solução desses fatos vem dos gregos e, mesmo com a tecnologia evoluindo em benefício da Ciência, pouco mudou neste sentido (95% do que se conhece sobre o funcionamento do cérebro humano foi construído nos últimos 10 anos!). As conquistas e os conhecimentos da psicologia genética (Vigotsky, Piaget, entre outros) são as fontes objetivas sobre esta evolução.

2.2 Ambientes de ensino-aprendizagem virtuais

No que se refere à metodologia, modelagem e desenvolvimento de um ambiente de ensino-aprendizagem via Internet, percebe-se que este novo recurso educacional vem trazer meios de publicação e transmissão de todo e qualquer tipo de material didático, avaliação e comunicação entre os aprendizes e os professores. Sendo assim, estes podem vir a ser úteis na construção do conhecimento pelo aprendiz.

De acordo com Franciosi et al. (2001), em se tratando de ambiente de ensino-aprendizagem a proposta pedagógica deve prover uma autonomia e reflexão crítica. Não obstante, os objetivos pedagógicos devem estar associados a uma lista de métodos relacionada a atividades presenciais e dos possíveis métodos associados a atividades à distância.

Segundo Medeiros et al. (2004), na construção de ambientes educacionais, é prevista a disponibilização de condições de aprendizagem que incluam: a revisita à estrutura de ensino-aprendizagem por ele desenvolvida e se estabeleça modos inovadores de pensar a educação. Sendo assim, o desejo é ir além de apenas busca de respostas. Outro objetivo também é a análise crítica dos pressupostos filosóficos, sócio-pedagógicos que norteiam a meta educativa.

Segundo Reis, Rezende e Barros (2004), a possibilidade de construir um ambiente virtual que melhore a participação ativa do aprendiz no seu processo de ensino-aprendizagem, a troca de idéias e experiências entre os participantes, que facilite a discussão em grupo e o trabalho colaborativo e desse modo possa reverter as tradições condutistas do ensino livresco, autoritário, expositivo é uma enorme meta a ser conquistada pelos profissionais de desenvolvimento destas áreas.

De acordo com Medeiros et al. (2004), na organização dos ambientes de aprendizagem, o atendimento às condições, como acessibilidade, endereçabilidade, permanência, resolutividade, transparência, compartilhamento, terminalidade são elementos que devem receber uma atenção especial. Outro ponto importante diz respeito ao atendimento às condições oriundas da EAD, que vem trazer:

- a possibilidade de inclusão, democratização e socialização, que é chamada de sociedade do conhecimento;
- um fazer pedagógico orientado ao desenvolvimento da interatividade, da autonomia e da cooperatividade, para que seja possível a migração para um paradigma emancipatório, crítico e reflexivo, de construção sócio-individual; a instrumentalização em ambientes de aprendizagem, de equipamentos e serviços, técnicas e ferramentas da telecomunicação e de ambientes telemáticos como, por exemplo, mediadores sócio-pedagógicos em EAD;
- em seu planejamento as condições de monitorar a aprendizagem do aprendiz, enfatizando a avaliação formativa; a mudança de seu planejamento, na modelagem de ambientes de aprendizagem em EAD, destacando na relação professor-aprendiz à *condição de sujeitos* de um processo sócio-individual de aprendizagem.

2.2.1 Características dos ambientes virtuais

Segundo Preto e Gabriel (2000), os ambientes virtuais possuem vários objetivos gerais nos quais a utilização dos mesmos pode variar dentro de diversos aspectos, assim os ambientes são para:

- apresentação de conteúdos: São usadas ferramentas para hipermídia ou simulação ou ambos. Entretanto, devem existir tecnologias responsáveis pela interação entre os conteúdos, padronização de interfaces e também às regras de acesso que devem ser impostas aos usuários dentro do ambiente;
- troca de informações e distribuição de tarefas entre aprendiz, professor e grupo de aprendizes ou ambos: Estes ambientes devem servir de alicerce para educação presencial ou à distância. Os ambientes devem oferecer meios de comunicação, e também um local para novidades, sugestões. Outros aspectos importantes nestes ambientes são os mecanismos informações dos perfis e interesses dos usuários;
- apresentação de coleções de endereços e textos: Fornecem apoio para estudo e pesquisa e correspondem aos *sites* educacionais citados anteriormente;
- avaliação: Devem fornecer informações suficientes para que sejam identificados os assuntos que necessitam de revisão ou para que sejam estabelecidas novas metas. Os ambientes devem possuir mecanismos eficientes de resposta ao aprendiz sobre o seu progresso e sobre o que deve fazer.
- “Ambientes mistos: Possuem características de dois ou mais ambientes citados acima. Quanto mais funcionalidades o ambiente tiver melhor é o ambiente. No entanto, aumentam também as dificuldades de construção, manutenção e gerenciamento”.

De acordo com Preto e Gabriel (2000), se o ambiente virtual é construído com o objetivo de explicar vários conceitos e conteúdos diversos, existem duas possibilidades:

- no ensino de um conteúdo específico, o ambiente virtual deve ser projetado para isto, e ter ferramentas que se destinam a esse assunto. Estas ferramentas geralmente são gráficas (animações, simulações e outros);
- no ensino de diversos conteúdos, o ambiente virtual não tem tecnologias específicas para um determinado tipo de assunto. Entretanto, o ambiente deve possuir facilidades para incorporar informações e se adaptar a diversos conteúdos.

Conforme Grilo (2001), existem diversas vantagens da utilização dos ambientes virtuais em educação, como:

- aumenta a motivação do aprendiz;
- facilita a ilustração mais precisa das características e processos contidos no ambiente;
- permite a visualização, manipulação no ambiente virtual em pequenas ou grandes distâncias;
- colabora para a melhoria da compreensão do objeto de estudo;
- permite que o aprendiz proceda através da experiência, no seu próprio ritmo;
- não delimita o processo das experiências ao período de aula regular;
- oportuniza a possibilidade de aprendizado de novas tecnologias;
- faz o aprendiz interagir, ou seja, encoraja a participação ativa em vez de passiva.

As vantagens dos ambientes virtuais na educação vêm a apoiar afirmações de que os aprendizes dominam e assimilam melhor novos conceitos quando estes participam ativamente do processo educacional.

2.2.2 Ambientes Virtuais Colaborativos

Segundo Jonassen (1996, p. 70), os princípios construtivistas disponibilizam um conjunto de diretrizes para tentar ajudar os educadores na construção de meios ambientes colaboracionistas direcionados ao ensino, que apóiem experiências autênticas, atraentes e reflexivas. Em grupo os aprendizes podem estudar, na criação do entendimento e do significado através de práticas relevantes.

Segundo Tijiboy, Otsuka e Santarosa (2004), na medida em que os sujeitos se comunicam, aprendem a concordar e a discordar dos assuntos relevantes para o seu aprendizado, e então, montam um significado a partir de suas experiências e a dos outros participantes. Sendo assim, os aprendizes podem aprender com seus colegas e desfrutar das experiências anteriores de cada um.

Segundo Lehtinen (2004), através da Internet é possível mudar a maneira com que aprendizes e professores interagem entre si, e então, aumentar as oportunidades para a aprendizagem colaborativa, além do que as discussões podem ser facilitadas. Também, pode-se mover a educação de um processo que é executado de forma isolada para um ensino ativo.

Segundo Walker (1997), a aprendizagem colaborativa é a união dos esforços cooperativos dos aprendizes para entender o conteúdo ou terminar uma determinada atividade.

Braga descreve que,

Ambiente colaborativo no campo da comunicação com o uso do computador em rede implica em determinadas formas de organizar as condições tecnológicas de maneira a permitir a participação de múltiplas pessoas no processo comunicativo, ou seja, permitir que a comunicação se faça numa via de mãos múltiplas e não na forma linear de mão única (2005).

Segundo Braga (2005), os ambientes virtuais colaborativos são locais compartilhados de convivência que dão suporte à construção, inserção e troca de

informações entre os aprendizes participantes visando a construção social do conhecimento. Sendo assim, devem ser públicos e democráticos.

Segundo Piva et al (2002), os ambientes virtuais de aprendizagem permitem a um grupo de aprendizes formular um objetivo compartilhado para o processo de aprendizagem como utilizar problemas que estejam mais próximos da sua realidade.

O ambiente que possui tarefas colaborativas deve ter meios para facilitar a utilização por parte dos aprendizes, para que este fique agradável de se usar. Assim deve prover tecnologias para incorporar inserção, modificação e retirada de elementos do objeto de estudo.

2.2.3 Ambientes Virtuais Construtivistas

Em um ambiente virtual construtivista o conceito de sistema com boa usabilidade, é dito quando em um determinado ambiente educacional o aprendiz têm o controle do processo de ensino-aprendizagem.

Cunningham, Thomas, e Knuth buscando estabelecer algumas finalidades, escreve que um ambiente educacional construtivista deve:

[...] possibilitar ao participante a decisão sobre tópicos e subtópicos do domínio a serem explorados, além dos métodos de estudo e das estratégias para a solução de problemas; oferecer múltiplas representações dos fenômenos e problemas estudados, possibilitando que os participantes avaliem soluções alternativas e testem suas decisões, envolver a aprendizagem em contextos realistas e relevantes, isto é, mais autênticos em relação às tarefas da aprendizagem; colocar o professor/tutor no papel de um consultor que auxilia os participantes a organizarem seus objetivos e caminhos na aprendizagem; envolver a aprendizagem em experiências sociais que reflitam a colaboração entre professores-aprendizes e aprendizes-aprendizes; e encorajar a meta-aprendizagem. (1993).

Um ambiente de aprendizagem virtual construtivista deve evitar que os aprendizes sempre sigam um caminho pré-determinado e que nunca se afastem desse objetivo. Os aprendizes devem ter a possibilidade de refletir sobre um fenômeno

estudado e avaliar as várias possibilidades para chegarem a uma decisão, e assim, construindo seu conhecimento.

Estes ambientes construtivistas são dispostos de uma aprendizagem significativa, com várias qualidades como as seguintes, citadas por Jonassen:

[...]resulte de experiências genuínas; que resulte de integração de novas idéias dos aprendizes a seu conhecimento anterior; resulte de reflexão e análise das experiências dos aprendizes; resulte de um trabalho colaborativo entre aprendizes; resulte de um objetivo, uma intenção do aprendiz; (vi) resulte da resolução de problemas do mundo real, portanto complexos, irregulares e sem uma única solução; resulte de uma atividade no mundo real significativo ou simulada em algum caso ou problema em vez de modelos abstratos; resulte de uma atividade coloquial mediante a conexão de aprendizes através da cidade ou através do mundo (1996).

Os ambiente de aprendizagem construtivista podem levar em conta o conhecimento que o aprendiz teve antes de se defrontar com ambiente de aprendizagem virtual, pois assim a reflexão do usuário vai ficar mais simples, objetiva e correta para poder alcançar o conhecimento desejado.

2.2.4 Motivação e atratividade nos ambientes virtuais

Logo depois que as tecnologias, principalmente a Internet, ganharam espaço no cenário educacional, a informática na educação passou a ter um recurso gigantesco no que tange os modos de comunicação disponíveis, pelo seu aspecto da atratividade e motivação, devido a ter um ambiente com possibilidades dinâmicas de educação.

De acordo com Gouveia e Camacho (1998), nestes tipos de ambientes educacionais as dificuldades de aprendizagem são mais fáceis de ultrapassar, pois a tridimensionalidade, a interatividade, a manipulação e o controle total sobre o mundo permitem uma adaptação ao tipo e ritmo de aprendizagem, além disto, associada à visualização de informação complexa sob uma forma simples, facilitam a superação de algumas dificuldades.

Conforme Perrenoud (2000), coloca que é extremamente importante acabar com a pedagogia frontal que obriga todos os aprendizes executar as mesmas lições, os mesmos exercícios.

Como normalmente o ensino presencial é composto de turmas de aprendizes, isto acaba dificultando a personalização do ensino, e então, devido as características de flexibilidade e adaptabilidade o modelo de educação à distância facilita o uso deste recurso.

2.3 Inteligência Artificial aplicada na educação

A Inteligência Artificial, IA, é uma área que já vem sendo estudada há muitos anos, devido às vantagens que a mesma oferece para diversas áreas, pois esta ciência disponibiliza às mais diferentes áreas condições de simular o pensamento humano, e assim, meios para solucionar problemas.

Entretanto existem ainda divergências quanto ao conceito do que é inteligência, e conseqüentemente, sobre conceito de Inteligência Artificial ainda existem controvérsias.

Existem diferentes teorias a respeito de IA, e então, de acordo com Vignaux,

Deve-se, então, fornecer à máquina uma avalanche de dados, teorias formais de bom senso, de crenças, de um universo simbólico superior, ou, pelo contrário, deve-se basear o estudo da cognição no nível inferior da percepção e do controle motor? A tendência geral foi a de conciliar estas duas teorias em uma terceira teoria híbrida, segundo a qual a máquina seria capaz de raciocinar utilizando conceitos complexos e de perceber o seu meio envolvente (1995).

De acordo com Barreto (1997), é possível considerar que a melhor definição de inteligência artificial foi colocada por Cherniak e MacDermott: “IA é o estudo das faculdades mentais com o uso de modelos computacionais”.

Segundo Pozzebon, Frigo e Bittencourt (2005, p.2), IA pode ser dita como uma ciência, que busca compreender o fenômeno da inteligência, mas também, é uma área

da engenharia na medida em que procura desenvolver instrumentos para apoiar a inteligência humana.

Os principais ramos de estudos de IA são o Simbólico, Conexionista, Evolucionária (por Algoritmos Genéticos), a Inteligência Artificial Distribuída – IAD (abordagem por Agentes) e Lógica Difusa (Conjuntos Difusos).

Este trabalho se detém na abordagem de IAD, que será apresentada a seguir.

2.3.1 Inteligência Artificial Distribuída

De acordo com Ferber (1999), a IAD tenta dividir um determinado problema em problemas menores e mais simples. Os sistemas, a partir desta abordagem, podem resolver problemas fisicamente distribuídos, que a princípio parecem ser complexos.

O conceito de IAD, de acordo com Barreto (1997), é: “Diz-se que um sistema é de Inteligência Artificial Distribuída se seu funcionamento depende de um determinado conjunto de pares (não de um único elemento) para resolver de modo cooperativo um determinado problema”.

Segundo Vavassori (1998), a IAD diverge da inteligência artificial tradicional, onde a metáfora da inteligência é baseada no comportamento humano individual e na representação do conhecimento e métodos de inferência. A metáfora em IAD tem sua base no social, e seu foco está nas ações e interações.

De acordo com (Bittencourt, 2001), existem motivos para que se queira distribuir sistemas inteligentes, como:

- melhorar a adaptabilidade, confiabilidade e autonomia do sistema;
- reduzir os custos de desenvolvimento e manutenção;
- aumentar a eficiência e velocidade do sistema;

- permitir a integração de sistemas inteligentes para aumentar a eficiência na solução de problemas;
- a própria complexidade do problema a resolver, que além de um certo nível torna a IAD a única técnica indicada para implementar a solução.

Através da utilização dos princípios de IAD se pode aumentar a agilidade, flexibilidade e performance dos sistemas. Isto ocorre devido ao uso de sistema de desenvolvimento descentralizados, comunicação das interações entre os agentes e a execução paralela das ações.

Em relação ao uso de IAD em ambientes educacionais se pode destacar os Sistema Tutoriais Inteligentes, STIs. Os STIs são basicamente sistemas desenvolvidos com o objetivo de dar uma atenção individualizada aos aprendizes com a finalidade de tentar melhorar o processo de educacional. Os conceitos e características dos STIs são detalhados na próxima seção.

Comment [avs1]: retirei sobre SMA, multiagentes e agentes.

Na opinião de Giraffa e Goulart (2001), o uso da tecnologia de agentes na modelagem e implementação de STI, disponibiliza uma melhor exploração do domínio, conteúdo a ser repassado ao aprendiz, de forma mais dinâmica, permitindo representação de domínios complexos com baixo custo computacional e usando interfaces mais representativas no que tange objetos que possuem movimentação e suas inter-relações, como no caso de simulações de fenômenos físicos, químicos e biológicos.

2.3.2 Sistema Tutorial Inteligente

De acordo com Rossatelli (2000), um sistema tutorial inteligente é uma tentativa de implementar as metodologias clássicas de ensino-aprendizagem, exemplificadas uma interação sujeito-objeto de forma individualizada, utilizando para isto um sistema computacional. A interação individualizada permite o aprendizado personalizado, e assim, chances maiores de um melhor resultado no processo de aprendizado.

Os STIs, também chamados de Intelligent Computer Aided Instruction , ICAI, foram derivados dos programas Computed Aided Instruction, CAI, que visam o desenvolvimento de modelo educacional que pode ser utilizado para o ensino-aprendizagem de qualquer pessoa.

De acordo com Pozzebon (2003), um dos fatores que determinam a diferença entre um CAI e um STI, é que em um STI existe uma base de dados sobre o conhecimento, já em um CAI existe somente uma base de dados convencional.

2.3.2.1 Características de um STI

Segundo Rodrigues e Carvalho (2002), um STI é tridimensional (deve conhecer o domínio do assunto, deduzir o nível de conhecimento do aprendiz e minimizar a diferença entre o especialista e o aprendiz através de estratégias de ensino) e deve estar atento aos aspectos pedagógicos, motivacionais e emocionais para que tenha sucesso no processo de aprendizagem.

Conforme Preto e Gabriel (2000), os Sistemas Tutoriais Inteligentes têm o objetivo de acompanhar o aprendiz de uma forma individualizada. As técnicas de IA permitem que o sistema tome decisões de forma dinâmica, possuindo autonomia para decidir o que e como ensinar ao aprendiz. Desta forma, as necessidades particulares dos aprendizes podem vir a ser atendidas. Portanto, os sistemas inteligentes podem acrescentar aos sistemas tradicionais um maior grau de individualização e de resposta para cada aprendiz.

Um STI é geralmente utilizado quando se quer que os aprendizes possam aprender com o auxílio de um ambiente de ensino-aprendizagem que disponibilize mecanismos para a personalização de seus conhecimentos, e assim, levem em conta as interações feitas com o ambiente. Através deste mecanismo de individualização é possível que o tutor oriente o aprendiz durante o processo de ensino-aprendizagem para que possa construir de fato seu conhecimento.

Para Bolzan e Giraffa (2002), na modelagem e implementação de um STI é necessário observar aspectos de Engenharia de Software e não somente aspectos pedagógicos. A tendência para o desenvolvimento de STI é o uso da tecnologia de agentes para ampliar as possibilidades de se fazer essa assistência individualizada ao aprendiz. No entanto, como os STIs são programas desenvolvidos para a educação, precisam ser tratados de uma forma diferenciada, pois possuem características peculiares. Desta forma, é necessária a criação de ferramentas e metodologias mais específicas, e assim, este é um campo de pesquisa em aberto e promissor.

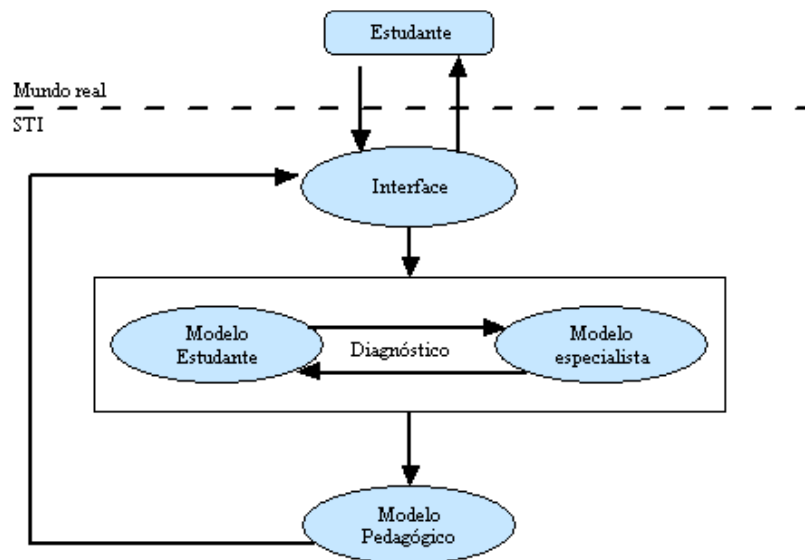
2.3.2.2 Arquitetura de um STI

A arquitetura de um Sistema Tutorial Inteligente, STI, envolve a integração de módulos que possuem especialistas diferentes dentro de um mesmo sistema, os quais se comunicam para se alcançar um objetivo comum, auxiliar no aprendizado dos aprendizes.

Segundo Pozzebon (2003, p. 9), durante o processo educacional auxiliado por um ambiente computacional, STI. O sistema monitora a performance do aprendiz e tenta apurar o conhecimento que o aprendiz detém. Para que seja possível isto é realizado uma comparação entre o estado de conhecimento atual do aprendiz com o conhecimento atual contido no especialista. Os resultados são repassados para o modelo pedagógico, o qual toma as decisões, quando, e como as informações são representadas pela interface ao aprendiz.

De acordo com McArthur et al.(2002), o componente pedagógico contém regras que codificam a monitoração do tutor em si, por exemplo, quando que deve ser interrompido o aprendiz e quais são as informações que devem ser passadas. Entretanto, os STIs ainda necessitam de inteligência aplicada ao contexto pedagógico.

É possível visualizar a estrutura de um STI na Figura 1.



Fonte: (Pozzebon, 2003)

Figura 1: Estrutura básica de um Sistema Tutorial Inteligente.

Na opinião de Jesus (2003), a arquitetura clássica de um STI precisa evoluir, pois possui algumas limitações:

- não permite a descentralização das tarefas e a especialização dos módulos;
- não gera múltiplas demonstrações do conhecimento;
- não projeta múltiplas estratégias do aprendiz, seja de análise do comportamento ou de representação do conhecimento do aprendiz;
- não permite o ensino-aprendizagem colaborativo, e então, não permite que o usuário (aprendiz) aprenda através de discussões com outros aprendizes, com opiniões e níveis de conhecimento diferentes;
- não possui a capacidade de modificar as suas representações, seus exemplos e seus conteúdos de acordo com as respostas dos aprendizes;
- não detecta o estado motivacional e afetivo do aprendiz.

2.3.2.4 Migração dos STIs stand-alone para STIs baseados na Web

De acordo com Zakaria e Siraj (2000), os Sistemas Tutores Inteligentes tradicionalmente são desenvolvidos no modo *stand-alone*. Com a popularização cada vez maior do WWW, os softwares educacionais estão mudando os seus rumos de projeto e desenvolvimento, deixando o modo *stand-alone* para migrar para o modo Web, pois são mais atrativos.

Os STIs que funcionam na Web são mais atrativos e flexíveis, a metodologia de ensino-aprendizagem se torna mais complexa, e conseqüentemente, acaba fornecendo muitos recursos a serem explorados pelos educadores, como a colaboração, portabilidade do sistema, e independência geográfica e temporal. O processo de aprendizagem pode ocorrer a qualquer momento do dia, apenas dependendo da disponibilidade dos aprendizes.

Entretanto, para que se entenda melhor os sistemas baseados na Web, é preciso ver a diferença para os *stand-alones*.

De acordo com Zakaria e Siraj (2000), a diferença entre os sistemas baseados na Web e os *stand-alone* pode ser vista no Quadro 2.

Quadro 2: Diferença entre stand-alone e Web

STI <i>Stand-alone</i>	STI baseado na Web
Offline	Online
Sem tráfego de informação	Com tráfego de informação
Interação é um para um	Interação muitos para muitos
Limites de acessibilidade	Amplamente acessível
Processo de aprendizagem solitário	Permite colaboração
Execução na maioria da vezes através de software proprietários	Acesso via Web browsers
Plataforma específica, e quase sempre com taxa de licença	Plataforma livre.
Desenvolvimento com ferramentas específicas, linguagens padrões	Ferramentas genéricas de desenvolvimento

Fonte: Zakaria e Siraj, (2000).

De acordo com Zakaria e Siraj (2000), existem diversos atributos no WWW que beneficiam o processo de aprendizagem em cima dos métodos clássicos de ensino, como por exemplo:

- comunicação compartilhada;
- independência geográfica;
- independência temporal;
- comunicação com recursos multimídia;
- Interação mediada por computador.

De acordo com Bouchelaghem e Sellami (2001), existem muitos esforços na medida de se usar as facilidades da Web e acopladas com as características de base de conhecimento inteligente de um STI.

2.4 Exemplos de ambientes educacionais

Os ambientes variam de objetivos, técnicas, projeto e desenvolvimento. Existem sistemas com tecnologias de STI, agentes, focados em estatística e CEQ, e ainda, colaborativos, e por fim, os via Web. Alguns exemplos de ambientes educacionais que representam o estado da arte neste tipo de sistemas são apresentado a seguir.

2.4.1 SCHOLAR

O sistema Scholar é um STI, com base de conhecimento em rede semântica.

De acordo com Pozzebon (2003, p. 20), o conhecimento do sistema é colocado em uma rede semântica onde os nodos significam objetos e descrição de conteúdos geográficos sobre a América do Sul. A rede é composta por uma sequência de elementos unidos por relacionamentos específicos.

A rede semântica completa tinha o objetivo inicial de ser utilizada para modelar o conhecimento do aprendiz.

De acordo com Pozzebon (2003, p. 20), o autor queria modelar o *aprendiz perfeito* e progressivamente perturbá-lo para refletir o seu desempenho, para isto é modificado ou apagado nodos e ligações. Neste sistema o aprendiz pode solicitar que sejam respondidas suas questões, conduzir um diálogo de iniciativa mista, ou ainda, sugerir o comando e fazer perguntas. Por exemplo, pergunta qual a latitude do Brasil.

2.4.2 HYDRIVE

O sistema HYDRIVE é um STI, que possui mecanismos multimídia para resolver problemas relacionados com um sistema hidráulico de um avião F-15.

De acordo com Pozzebon (2003, p.24), mesmo possuindo um disco laser para trabalhar com imagens, o conteúdo do disco laser é representado na base de conhecimento.

Pozzebon (2003, p. 24), ainda coloca que o objetivo do HYDRIVE é ensinar aos técnicos de vôo soluções de problemas complexos. O sistema quando for necessário seleciona um conteúdo de vídeo, a partir de um disco laser, e apresenta aos aprendizes. Além disto, o STI pode apresentar instruções realísticas utilizando vídeos dos pilotos da aeronave e mecânicos. O material apresentado é disponível via codificação de uma representação do conteúdo na forma de regras de conhecimento. Quando um determinado material precisa ser mostrado e localizado através desta representação.

2.4.3 AME-A

É um ambiente que ensina e aprende, com o objetivo o estudo, desenvolvimento e implementação de novas metodologias para auxiliar a construção de ambientes multiagentes interativos, adaptativos as possíveis necessidades de cada aprendiz.

De acordo com Pereira, Geyer e D'amico (1998), este sistema de ensino-aprendizagem, se propõe ao ensino genérico e adaptável às características psico-pedagógicas do aprendiz. As características principais são que o ambiente possui a aprendizagem estática (usada para classificar o aprendiz entre os possíveis modelos e determinar entre as várias estratégias de ensino) e a aprendizagem dinâmica (é realizada durante a interação com o aprendiz para poder corrigir possíveis falhas na concepção do perfil do aprendiz).

2.4.4 MathTutor

O Mathtutor é um STI que se propõem a mostrar os principais conceitos de abstração de dados e de procedimentos dos fundamentos da estrutura da informação.

Segundo Pozzebon (2003, p. 26), este STI utiliza tecnologia de agentes cognitivos que permitem a geração de um sistema mais perceptivo, e assim, possivelmente aumentando a qualidade pedagógica.

De acordo com Frigo, Pozzebon, e Bittencourt (2004), o MathTutor tem em sua concepção quatro módulos: módulo do aprendiz, módulo do especialista, módulo pedagógico e por fim o módulo interface. Os agentes funcionam através de um modelo de colaboração das atividades a serem desenvolvidas.

2.4.5 MutAntIs

É um STI construído com a tecnologia multiagente, onde uma comunidade de agentes inteligentes realiza sua tarefa específica, cada agente é responsável por uma atividade, e para isto eles realizam uma colaboração para alcançar seus objetivos.

De acordo com Azevedo (1999), este sistema possui um agente que é executado no computador do aprendiz, enquanto os outros agentes são executados de forma distribuída.

Azevedo (1999), ainda coloca que o ambiente permite que o desenvolvedor mude o domínio do sistema, via alteração da base de conhecimento do agente especialista, ou ainda, crie um novo domínio através da criação de uma nova base de conhecimento.

2.4.6 MATHEMA

De acordo com Faria e Bittencourt (2000) o STI denominado de MATHEMA é um modelo de ambiente interativo de aprendizagem mediado por computador, tendo como objetivo apoiar atividades que favoreçam a realização de interações adaptativas e seus desdobramentos no processo de ensino-aprendizagem.

Conforme Faria e Bittencourt (2000), este STI tenta envolver o aprendiz em uma relação de interação com uma sociedade de agentes tutores artificiais, visando posicioná-lo em situações de aprendizagem quando for realizada uma resolução de problemas. Este STI possui uma comunidade de agentes que se comunicam através de mensagem.

2.4.7 AUXILIAR

No modelo de ensino utilizado pelo AUXILIAR, todos os conteúdos contidos no sistema são armazenados em Bases de Conhecimento.

Segundo Piva et al. (2002, p.90), o armazenamento dos conteúdos em base de Conhecimento facilita a manutenção posterior e constante recuperação. Para que seja efetiva a recuperação dessas informações, baseada no perfil do aprendiz, são utilizadas técnicas de Inteligência Artificial, especificamente Raciocínio Baseado em Casos.

Piva et al. (2002, p. 91), ainda coloca que este sistema colaborativo e inteligente fornece apoio aos aprendizes (Tira dúvidas). Entretanto, este ambiente também verificar, através de uma análise que considera o nível de acertos nas avaliações e o caminho percorrido pelo aprendiz dentro do material disponibilizado no curso, em qual

perfil preexistente o aprendiz se encaixa. Logo após isto o AUXILIAR propõe um novo conteúdo.

2.4.8 SlideTutor

O SlideTutor é um STI baseado em um modelo de investigação aplicado ao ensino de diagnóstico microscópico.

De acordo com Crowley, Medvedeva e Jukic (2003), o SlideTutor monitora e reporta ao aprendiz uma resposta de uma determinada busca. Por exemplo, previne o aprendiz que parte de um slide não foi diagnosticado, e então pede ao aprendiz que olhe novamente a área do diagnóstico antes de prosseguir com as interpretações. Além disto, ele ajuda o aprendiz durante o processo de diagnóstico oferecendo ajuda quando preciso.

Crowley, Medvedeva e Jukic (2003), ainda dizem que o STI foi desenvolvido em Java e JESS, o modelo utilizado pelo sistema usa estas linguagens de programação para produzir as regras do sistema.

2.4.9 SEstat.Net

O ambiente educacional denominado de SEstat.Net é um sistema especialista de auxílio ao ensino-aprendizagem de estatística. Inicialmente foi projeto para ser usado no modo *Stand-alone*, no entanto na sua última versão ganhou novos recursos, acesso via Internet.

De acordo com Cechinel et al. (1999), uma das principais vantagens do SEstat é a possibilidade do usuário utilizar com qualquer base de dados. Sendo assim, o educador fica livre, base de dados específica, no que tange o fornecimento de conjuntos de informações variadas. Existe ainda, a possibilidade dos alunos utilizem dados que eles mesmos tenham coletado. No SEstat os alunos ainda enfrentam as mais diversas situações de aprendizagem.

De acordo com Canciam (2005), o aprendiz que utilizar este sistema não precisa receber nenhuma aula introdutória para que consiga trabalhar com este ambiente.

O representação do conhecimento no SEstat.Net é através de uma base de conhecimento contendo regras que representam o raciocínio de um especialista em análise estatística de dados. O seu funcionamento se dá a partir da interação do mesmo com os alunos através de perguntas e respostas sobre as variáveis de uma base dados e sobre as informações estatísticas, e assim, é feita uma análise estatística sobre os dados.

2.4.10 Ambientes educacionais sobre CEQ

O trabalho realizado por Dagli e Stacey (1988) projeta um Sistema Especialista onde é possível escolher os Gráficos de Controle. Este sistema auxilia o aprendiz na resolução do problema, determinando o Gráfico mais adequado e fornecendo recomendações para o seu uso.

Segundo Cheng e Hubele (1992), há poucas aplicações de IA em CEP. Estes sistema se propõem analisar Gráficos de Controle \bar{X} e R. O sistema especialista possui um algoritmo convencional em linguagem C que avalia os gráficos, buscando por padrões não aleatórios, e logo após, encontrar um padrão baseado em regras, implementado em linguagem PROLOG, determina se tal padrão sugere que o processo está ou não fora de controle estatístico.

De acordo com Cheng (2005), após uma pesquisa sobre a prática, problemas e necessidades de treinamento de CEP, foi proposto um sistema para o treinamento de CEP, chamado de Statistical Process Control, - Interactive Training Environment (SPC-ITE). Este ambiente permite a simulação de um processo produtivo que o aprendiz pode controlar através de um gráfico de controle \bar{X} e R. O sistema apresenta ao aprendiz as informações sobre a qualidade, custo e tempos obtidos. Entretanto, este projeto se encontra estagnado desde 1998.

Outro ambiente educacional que se destaca é o trabalho de Reis (2001), onde se desenvolveu um STI chamado de STCEQ. Este sistema tem o objetivo de auxiliar os

aprendizes e profissionais de CEQ no processo de ensino-aprendizagem e além de permitir a prática dos conceitos e habilidades necessários para o correto uso do CEQ. Este sistema será mais detalhado nas próximas seções.

2.5 Laboratórios Virtuais

Segundo Santos, Trentin e Pérez (2002), os ambientes educacionais denominados laboratórios virtuais surgem como um novo auxílio à educação. Podem facilitar a prática e o entendimento de conteúdos considerados complexos.

Em relação ao uso de Laboratórios Virtuais é possível citar algumas vantagens. Por exemplo, permitir o acesso a laboratórios que não existam em escolas e universidades, pois podem necessitar de muitos recursos financeiros ou ainda serem perigosos ou inviáveis. Então, estes laboratórios, difíceis de serem implementados em todas as escolas e universidades, podem passar a existir, virtualmente, em residências, e com isto vir a ser uma ferramenta de auxílio ao processo educacional. Ou seja, os aprendizes poderão passar a utilizar um laboratório que fisicamente não se encontra presente e que se não fosse virtual, dificilmente teriam acesso ao mesmo.

Estes mecanismos de ensino-aprendizagem não derivam somente de meios físicos, mas podem ser também de meios virtuais, mesmo assim, com acesso muito restrito. Por exemplo, atualmente os melhores recursos que um profissional de estatística pode contar são os programas de computadores, que na sua grande maioria possuem alto custo financeiro. Assim, as melhores ferramentas de estatística normalmente são de acesso restrito devido ao alto valor das licenças destes softwares. Por isto, é extremamente importante existir um laboratório virtual, de livre acesso, em que os aprendizes possam simular seus pensamentos e com a prática poderem atingir um grau satisfatório de aprendizagem.

De acordo com Santos (2002, p.13), em se tratando de laboratórios virtuais, pode-se observar que existem vários tipos disponíveis na Internet, desde os mais simples até os mais complexos. Entretanto, a grande maioria dos laboratórios virtuais que se encontram disponíveis são simples, pois possuem poucos recursos, e

normalmente, são disponibilizados isoladamente. O autor desse trabalho classificou os laboratórios virtuais existentes na Internet em três categorias:

- sem interação: geralmente estes tipos de *sites* trazem como conteúdo apenas texto informativo, acrescido de ilustrações, e até mesmo questões de múltipla escolha, sobre alguma área específica, de experimentos feitos em laboratórios;
- com interação parcial: uma boa parte dos *sites* encontrados que se denominam Laboratório Virtual se enquadram nesta categoria, que são aqueles que geralmente trazem consigo uma descrição da teoria e/ou do experimento que será visto, porém, a parte visual que representa o experimento não oferece ao usuário controle sobre as variáveis do Laboratório Virtual;
- com interação total: os Laboratórios Virtuais mais recentes que se encontram na Web, estão nesta categoria. As suas principais características são, além de apresentarem ilustrações, temas e questionamentos sobre determinado assunto, permitem que os aprendizes tenham um maior domínio sobre o experimento, ou seja, é possível realizar a simulação da experiência de várias formas.

A seguir são apresentados alguns desses laboratórios virtuais.

2.5.1 Laboratório Virtual da “Estação Ciência” da USP

A Estação Ciência é um centro de divulgação científica da Universidade de São Paulo (USP). Tem como objetivo oferecer à população, a oportunidade de acesso ao conhecimento e análise de fenômenos, teorias e pesquisas científicas. E uma das formas de disponibilizar este conhecimento é através de um Laboratório Virtual, disponível na Internet, na seguinte Uniform Resource Locator (URL) <<http://www.eciencia.usp.br/laboratoriovirtual/default.html>>.

Neste Laboratório Virtual é possível acessar informações e analisar fenômenos sobre os seguintes tópicos: inércia; motor elétrico; laser; jogo de lógica; torre de hanói; sistema solar; mapa do Brasil; tabela periódica.

Cabe ressaltar que esse Laboratório Virtual não permite ao usuário uma maior interação. A apresentação, descrevendo os fenômenos físicos, é de excelente qualidade gráfica, porém ela é apresentada de forma linear, cabendo ao usuário somente a decisão do momento de avançar na apresentação. Nas figuras a seguir, são apresentadas algumas capturas de telas das animações, em Flash, que demonstram os experimentos da área de Física.



Fonte: (LABORATÓRIO, 2005)

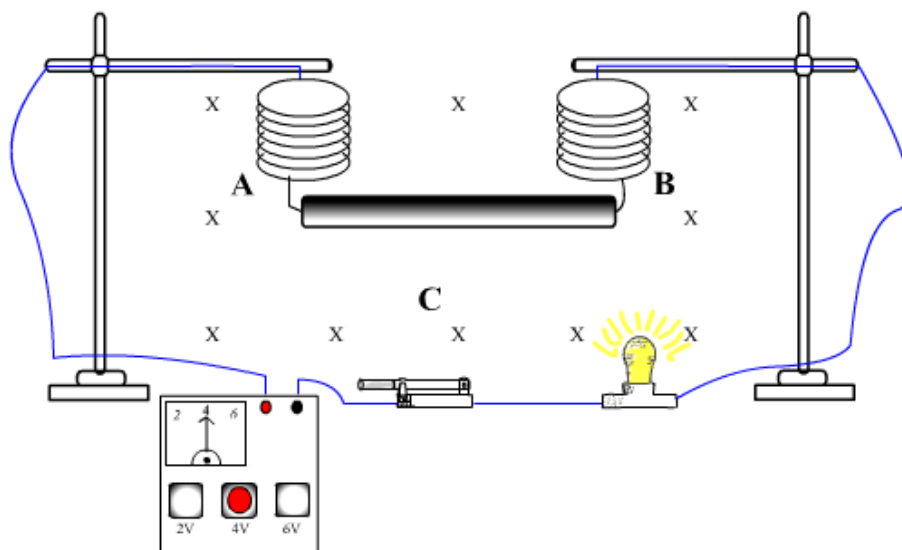
Figura 2: Laboratório Virtual de Inércia.

2.5.2 LabVirtual - Ambiente de apoio a Laboratórios Virtuais de física

De acordo com Santos (2002), esse sistema visa complementar, através de conceitos, descrições e práticas aquilo que não pode ser visto em sala de aula, em função do tempo escasso e/ou falta de recursos disponíveis para tal, e também mostrar aos aprendizes experimentos e simulações que são difíceis de serem entendidos no quadro-negro ou em livros, devido a sua complexidade.

Esse laboratório virtual possui experimentos virtuais, que possibilitam a interação total com o ambiente computacional, isto é, o aprendiz pode alterar alguns parâmetros e com isto o ambiente se modifica conforme a interação realizada pelo aprendiz, e através disto pode sanar suas dúvidas e satisfazer suas curiosidades.

Entretanto este ambiente não possui inteligência que possa dar uma individualidade ao aprendiz. Apesar de possuir um agente de monitoramento do aprendiz. É possível ver o presente sistema na Figura 3.



Fonte: (SANTOS, 2002)

Figura 3: Condutor Retilíneo.

2.5.3 Simulation of Physics Experiments

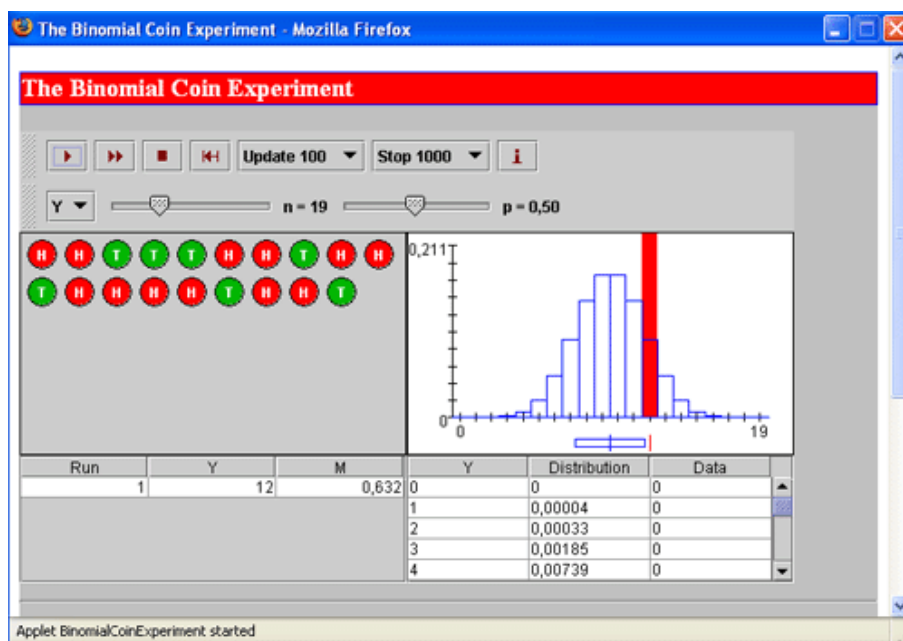
Avradinis et al. (2000), apresenta um laboratório virtual construído com Virtual Reality Modeling Language (VRML), para auxílio ao ensino de conceitos de Física, onde o aprendiz pode navegar e manipular objetos, executar experimentos e alterar parâmetros.

2.5.4 Virtual Laboratories in Probability and Statistics

O objetivo deste projeto é prover um local onde aprendizes e professores de probabilidade e estatística possam encontrar um laboratório virtual com alta qualidade e interatividade.

O Laboratório possui experimentos virtuais sobre materiais relacionados a estatística, como por exemplo: amostras aleatórias, teste de hipótese, distribuição de Poisson, modelos de geométricos, distribuição de Bernoulli, sistema de partículas, dentre outros.

Nos experimentos possui uma interação total, pois possibilita que o usuário possa mudar os parâmetros de cada experimento, e assim, poder realizar simulações dinâmicas. Como pode ser visto na figura 4.



Fonte: (VIRTUAL, 2005)

Figura 4: Distribuição Binominal – moedas.

2.5.5 Laboratório de Experimentação Remota - RExLab

O RExLab tem o objetivo de desenvolvimento tecnológico do país e a inclusão social. Este sistema possui a capacidade de gerar, sistematizar e socializar o conhecimento e o saber nas áreas de Sistemas de Computação e Robôs Inteligentes, Sistemas de Conhecimento, Acessibilidade e Tecnologias. Este sistema pode ser acesso pelo endereço <<http://xoops.rexlab.ufsc.br/>>.

Durante a seção 2.5 foi apresentada as características e exemplos de Laboratórios Virtuais. Na próxima seção irá ser descrito os conceitos, características e os componentes que envolvem o Controle Estatístico da Qualidade, CEQ, a principal área que o presente trabalho evidência.

2.6 Controle Estatístico da Qualidade

O termo qualidade pode ser definido de várias formas. A norma *International Standard Organization*, ISO, 8402 define qualidade como: “A totalidade das características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas e implícitas” (NBR ISO 8402).

De acordo com Montgomery (1997), é possível dizer que qualidade está relacionada a uma ou mais características que um produto ou serviço deveria apresentar.

Em relação a estas características Garvin (1987), coloca que existem oito dimensões da qualidade, que são:

- Desempenho: o produto ou serviço satisfaz o cliente da forma esperada.
- Confiabilidade: qual a frequência que o produto ou serviço falha.
- Durabilidade: por quanto tempo o produto ou serviço vai durar.
- *Manutenabilidade*: o quão fácil é reparar o produto ou serviço
- Estética: qual é a aparência do produto ou serviço.
- Características: o produto ou serviço em questão possui algum diferencial.
- Qualidade percebida: como a organização dona do produto está aos olhos do público.

Segundo a definição clássica de Western Electric (1956), o Controle Estatístico da Qualidade é “uma forma (ou talvez um procedimento) de estudo das características

de um processo (Qualidade), com o auxílio de números - dados (Estatístico), de maneira a fazê-lo comportar-se da forma desejada (Controle)”.

Na opinião de Reis, Paladini e Epprecht (2001), as organizações devem observar os aspectos de qualidade de um Processo, pois a melhoria da qualidade é extremamente importante para a sobrevivência e aumento de produtividade de uma organização. A variabilidade de um processo afeta diretamente a qualidade dos produtos, e então, para que tal variabilidade possa ser controlada é necessário estudá-la de forma sistemática. Torna-se indispensável então conhecer e utilizar métodos estatísticos, que fazem parte do Controle Estatístico da Qualidade.

2.6.1 Componentes do Controle Estatístico de Qualidade

O Controle Estatístico da Qualidade – CEQ (composto de Controle Estatístico de Processos – CEP, Estudos de Capacidade de Processos, Aceitação por Amostragem e Planejamento de Experimentos) é uma ferramenta muito importante para a obtenção, manutenção e melhoria da qualidade de produtos e serviços produzidos por uma organização. Cada uma das subdivisões tem uma finalidade específica.

2.6.1.1 Controle Estatístico de Processos

De acordo com Modelos (2003), o CEP é um método estatístico usado para o monitoramento de processos produtivos, por exemplo, automóveis, serviços de um modo geral, refrigeradores, software, dentre outros. O CEP busca controlar a qualidade dos produtos ou serviços no instante em que estão sendo produzidos, ou seja, durante o processo produtivo. Desta forma, o operador ou engenheiro responsável pode agir no momento correto após identificar algum tipo de anomalia com o processo.

Na opinião de Reis (2001, p. 49), é extremamente importante enfatizar que o CEP permite a monitoração contínua do processo, com isto possibilitando uma possível ação imediata assim que um problema for detectado. Desta forma, encaixando-se dentro da filosofia que preconiza a construção da qualidade dentro do processo e a prevenção

de problemas. Essas características são valiosas e precisam ser enfatizadas em qualquer processo de ensino-aprendizagem.

Segundo Deming (1990), o CEP tenta saber o quanto de variação do processo em questão é devida às causas assinaláveis (problemas esporádicos, que podem ser resolvidos de forma local, pelos operadores) e quanto é devida às causas comuns (decorrentes do próprio sistema produtivo, e que exigem atuação em nível gerencial).

Segundo Reis (2001, p. 49), o CEP engloba o desenvolvimento e interpretação dos resultados referentes aos processos, utilizando para isto Gráficos de Controle e usando técnicas para identificação de causas de problemas e oportunidades de melhoria da Qualidade.

Segundo Paulk (2005), em CEP existem 7 ferramentas básicas utilizadas para poder alcançar seus objetivos:

- Diagramas de dispersão: para destacar relacionamentos entre características de processos;
- Gráficos de Tendência: este gráfico é utilizado para que seja possível verificar de forma rápida e informal os dados das tendências ou outros testes padrões que ocorrem sobre o tempo;
- Histogramas: o histograma é usado para que seja possível visualizar variação total;
- Gráfico de Pareto - para que seja possível destacar os problemas grandes. Assim, são identificados os itens mais significativos que devem ser dados atenção;
- Diagrama de Causa e efeito: mostrar as causas dos problemas e erros. Assim, identifica as causas que podem estar contribuindo para um defeito;
- Gráficos de Barra: são parecidas com os histogramas, porém não precisam ter bases em medidas de variáveis ou contagem de frequência;

- Gráficos de Controle: demonstra a variabilidade do processo.

Dentre as várias ferramentas que existem em CEP é possível destacar como o principal mecanismo desta área os Gráficos de Controle.

De acordo com Reis (2001, p. 50), os Gráficos de Controle são as técnicas de CEP mais difundidas e usadas. No entanto, nem sempre de forma adequada.

Samohyl (2004) salienta que um gráfico de controle é usado para que seja possível observar as alterações desconhecidas de um característico (PALADINI, 1995) da qualidade do processo em estudo, fornecendo diretrizes para que seja possível estabilizá-lo, tornando seus resultados previsíveis.

Estas técnicas podem ser descritas como, comparações gráficas da performance do processo com determinados limites de controle, superior e inferior, verificando se os pontos do gráfico distribuem-se segundo padrões aleatórios (naturais). Se isto ocorrer, o processo que está sob análise pode ser considerado sob Controle Estatístico, isto é, somente Causas Comuns estão atuando, a distribuição de probabilidade que está gerando os dados tem valores estáticos, e então, o processo tem comportamento previsível. Entretanto, se ocorrer pontos além dos limites, ou padrões não aleatórios forem identificados, a variabilidade do processo pode não estar se comportando mais de forma aleatória, isto quer dizer que há motivo para alarme. Uma investigação imediata deve ser realizada para verificar-se este alarme deve-se a causas especiais de variação. Caso isto seja verdade, algo precisa ser feito para retornar o processo à condição desejada.

Alguns tipos de Gráficos de Controle são: Gráfico de Controle de Shewhart (\bar{X} , R, S, c, u, np, p), MR, IX-MR, CUSUM, MA, EWMA, dentre outros.

A definição pormenorizada dos diferentes tipos de gráficos de controle pode ser encontrada em referências como: Montgomery (1997); Wise e Fair (1998); Grant e Leavenworth, Juran (1979) e Duncan (1986).

2.6.1.2 Outros componentes de CEQ

Além dos componentes de CEQ já apresentados existem outros que também devem receber a devida atenção, serão apresentados ao longo desta seção.

Segundo Reis (2001), os Estudos de Capacidade de Processos medem o quanto um processo estável consegue itens de acordo com as especificações.

De acordo com Montgomery (1997) a análise da Capacidade do Processo engloba várias técnicas estatísticas durante todo o ciclo produtivo, com atividades de desenvolvimento anteriores à fabricação, quantificação da variabilidade do processo, análise dessa variabilidade em relação às especificações do produto, e assim, podendo ajudar os técnicos retirar ou reduzir tal variabilidade.

Segundo Reis, a Aceitação por Amostragem é conceituada como um conjunto de técnicas usadas para aceitar ou rejeitar lotes de produtos acabados, ou de matéria-prima (DUNCAN, 1986).

O planejamento de Experimentos possibilita identificar relações de causa-efeito entre vários fatores de um processo produtivo, o que possibilita consideráveis melhorias na Qualidade, além de poder ser utilizado nas mais diversas áreas de conhecimento.

Um estudo mais detalhado sobre estes componentes podem ser encontrados em Reis (2001).

2.6.2 Utilização e ensino-aprendizagem de CEQ

A utilização da metodologia de ensino experimental ou ensino prático, usando recursos computacionais, como a demonstração de gráficos e realização de práticas que são relacionadas com os conceitos de CEQ, propicia a aproximação da aprendizagem com a própria estrutura da Estatística, que é basicamente experimental, onde o experimento é considerado como ferramenta para a compreensão de conceitos e princípios.

Segundo Fiolhais e Trindade (2005), simulações fornecem um ambiente particularmente rico do ponto de vista pedagógico, que ajudam a substituir idéias comuns por idéias científicas. Não basta ter somente o aprendizado teórico, isto é, a prática é uma forma de melhoramento da compreensão do conteúdo que está sendo assimilado pelos aprendizes, além de funcionar como uma espécie de facilitador do estudo.

Segundo Kaestner e Eberspächer (1997, p. 163-180), evidências já estudadas dão a certeza que a informação aprendida é gravada por muito mais tempo se o aprendiz participa ativamente do processo de aprendizado e se a apresentação envolve muitos dos sentidos dos aprendizes. Um estudo realizado por Schank (1994), relata que as pessoas adquirem cerca de 25% daquilo que ouvem, 45% daquilo que vêem e ouvem e 70% daquilo que vêem, ouvem e fazem.

Em Controle Estatístico da Qualidade é possível notar que as simulações (experimentos) podem vir ajudar na compreensão do processo produtivo ou de serviço, e assim, amenizar os problemas relacionais ou mau uso das técnicas de CEQ. Uma das principais características necessárias em CEQ diz respeito à capacidade de interpretação de resultados, especialmente em se tratando de Gráficos de Controle e Estudos de Capacidade de Processo, o que pode ser facilitado com a utilização de meios que promovam a prática e experimentação sobre o objeto de estudo.

Conforme Reis, Paladini e Epprecht (2001), as técnicas de Gráficos de Controle juntamente com Estudos de Capacidade de processo são os recursos mais usados nos EUA, Suécia, e Extremo Oriente. A interpretação de resultados é uma das principais habilidades consideradas para a utilização do CEQ (gráficos, e principalmente, a resolução de problemas utilizando informação estatística).

O uso de um método de ensino-aprendizagem que valorize a experimentação pode vir a ser de grande utilidade para a área de CEQ, pois existem muitos problemas enfrentados pelas empresas no que tange o emprego das técnicas de CEQ.

De acordo com Alwan e Roberts (1995), existe uma série de problemas nos resultados obtidos por organizações que supostamente estavam empregando corretamente o CEQ.

Dentre as várias causas do problema citado, pode-se destacar o aprendizado inapropriado, ou seja, os aprendizes e os profissionais da área não entenderam corretamente os conceitos e as suposições que são necessárias para o emprego desta ferramenta que procura melhorar a qualidade dos produtos e serviços das organizações.

Segundo Reis (2001), os problemas do mau uso das técnicas de CEQ podem estar no treinamento em Qualidade, os aprendizes não conseguem contemplar completamente os conceitos envolvidos, dificultando a correta utilização do CEQ.

Reis (2001) ainda diz que uma das formas utilizadas para ensinar CEQ é o treinamento específico, mas uma abordagem inadequada pode levar a uma incompreensão da sua importância ou uma implementação incorreta. Além disto, são comuns os problemas com o processo de ensino-aprendizado de estatística, pois em alguns casos há uma simplificação excessiva. A simplificação dos conceitos é usada para facilitar o treinamento. No entanto, são deixados de abordar conceitos em profundidade. Por outro lado, pode haver um aprofundamento exagerado, dando um foco muito matemático, através de demonstrações e manipulações algébricas, o que pode acabar complicando consideravelmente a compreensão.

Após uma pesquisa sobre o ensino de CEQ, Reis (2001, p. 77) relata que não foram encontrados indícios de metodologias diferenciadas, que possam de fato vir a contribuir para a solução do problema no ensino de CEQ.

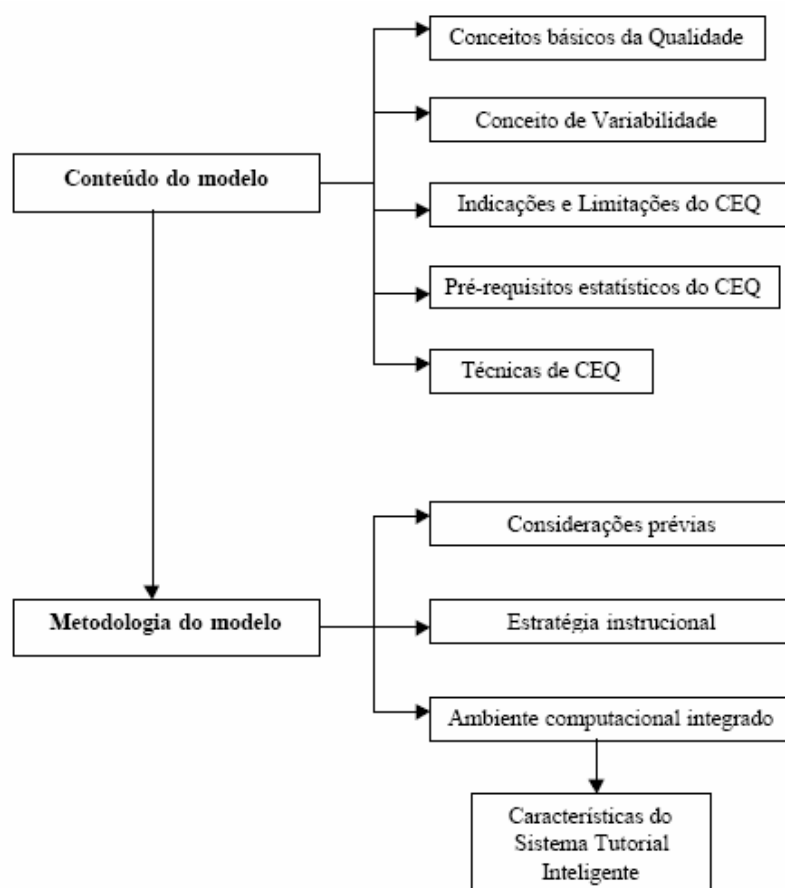
A seguir será relatado um modelo que tenta auxiliar o ensino-aprendizagem de CEQ, STCEQ.

2.7 Sistema Tutorial Inteligente em CEQ (STCEQ)

Reis (2001) definiu um modelo para o ensino de CEQ, com o objetivo de melhorar a compreensão e utilização de suas técnicas nas organizações, o qual é

composto de conteúdo, metodologia e um ambiente computacional, um STI, para a prática dos conceitos e habilidades necessárias chamado de STCEQ. O Modelo foi construído após realizar uma pesquisa sobre o emprego de CEQ, dentro e fora do Brasil.

Na Figura 5 é possível visualizar a estrutura do modelo de ensino.



Fonte: (REIS, 2001, p. 112)

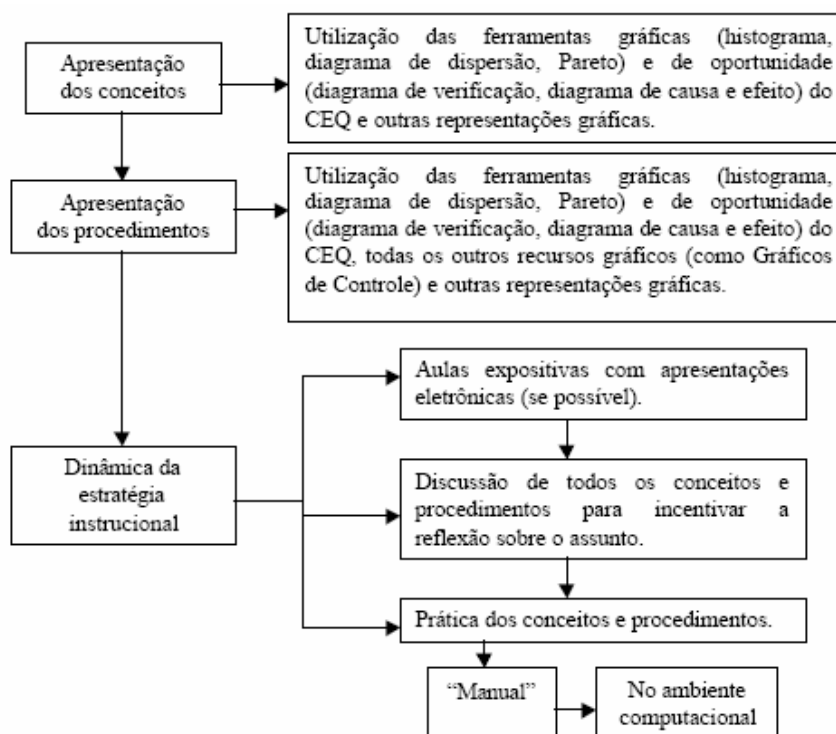
Figura 5: Modelo para o ensino de CEQ.

O conteúdo detalhado do modelo não será abordado neste trabalho, informações pormenorizadas podem ser obtidas em Reis (2001).

2.7.1 Metodologia do Modelo

De acordo com Reis (2001, p. 122), a metodologia basicamente define como o conteúdo será apresentado e discutido, os recursos que são usados para mostrá-lo, e assim, tentar obter o aprendizado. Não existia a intenção de definir protocolos detalhados, mas apenas diretrizes, para que a implementação do modelo pudesse ser feita de forma flexível.

É possível destacar nesta metodologia os aspectos da estratégia instrucional. Em primeiro lugar a apresentação dos conceitos, em segundo lugar, a dinâmica do processo de ensino, em terceiro lugar, a prática dos conceitos, de forma manual e com o uso do ambiente computacional. Além da prática o aprendiz pode rever conceitos no ambiente computacional, denominado de STCEQ. Pode-se visualizar os aspectos na Figura 6.



Fonte: (REIS, 2001, p. 128)

Figura 6: Aspectos da estratégia instrucional.

2.7.2 Ambiente computacional integrado à metodologia

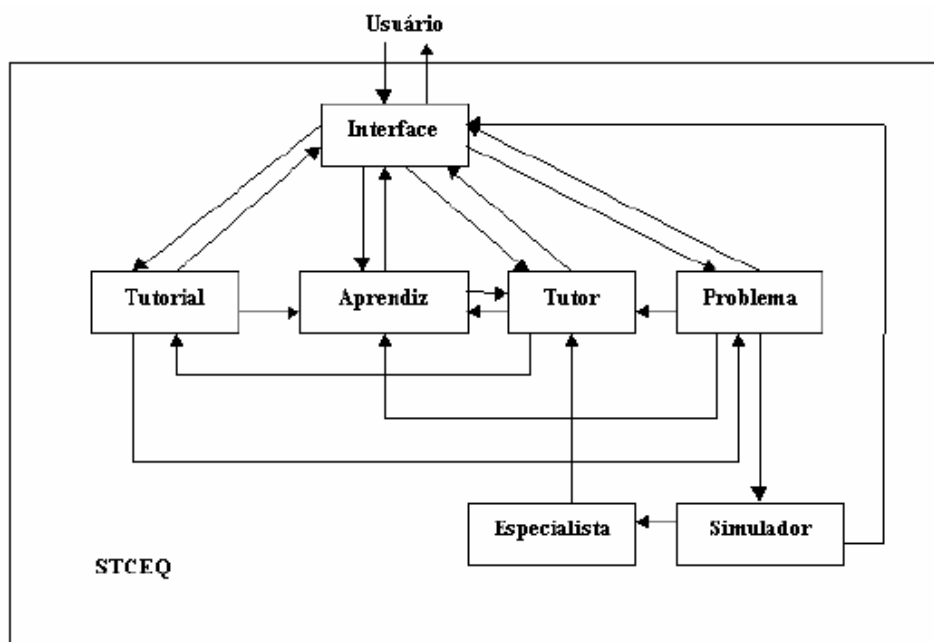
O STCEQ é um Sistema Tutorial Inteligente, STI, o qual utiliza técnicas de Inteligência Artificial para simular o pensamento humano em um certo domínio, procurando auxiliar os aprendizes na construção da melhor estratégia para resolverem os problemas propostos pelo sistema. O sistema foi projetado para ser uma aplicação *stand-alone*, rodando no ambiente windows.

2.7.2.1 Arquitetura do STCEQ

De acordo com Reis, Paladini e Epprecht (2001), o STCEQ é um sistema modular, e foi usada em sua concepção a metodologia de desenvolvimento orientada a objeto. Isso permite sua futura expansão e facilita a manutenção. Sua estrutura inclui os seguintes módulos.

- **Aprendiz:** armazena todas as informações sobre o aprendiz. Sendo cada um, uma instância deste módulo. Cada vez que um usuário acessa o STCEQ suas informações são atualizadas, e suas atividades prévias (tutoriais consultados, problemas resolvidos e desempenhos) são apresentadas, para orientar o usuário na nova interação;
- **Simulador:** inclui um gerador de números pseudo-aleatórios, e as técnicas de CEP e Estudos de Capacidade de Processos. Este simulador gera os resultados utilizados nos problemas;
- **Problemas:** Possui os problemas que podem ser apresentados ao usuário (incluindo os tutoriais associados a cada problema). E também, envia as informações necessárias para que o Simulador gere os resultados e para que o módulo Especialista responda as questões;
- **Tutorial:** Este módulo contém os tutoriais que podem ser consultados;

- Especialista: este módulo resolve os problemas juntamente com o aprendiz, e envia suas conclusões ao módulo Tutor;
- Tutor: contém o conhecimento pedagógico, e baseado nas conclusões do Especialista apresenta um diagnóstico sobre as respostas do usuário, e o melhor curso de ação a seguir. E também atualiza o módulo Aprendiz com o problema recém resolvido e o desempenho do aprendiz;
- Interface: apresenta toda a informação ao usuário.
- É possível visualizar a arquitetura descrita anteriormente na figura 7.



Fonte: (REIS, 2001, p. 140)

Figura 7: Arquitetura do STCEQ.

2.7.2.2 Características do STCEQ

Segundo Reis, Paladini e Epprecht (2001), o STCEQ foi projetado para que se torne um ambiente em que um usuário possa navegar pelos conceitos livremente e resolver problemas de CEQ sob supervisão automatizada.

Este ambiente ainda possui as seguintes características:

- Ambiente amigável: com a finalidade de minimizar o tempo que o usuário perde para conseguir interagir com o ambiente de uma forma satisfatória, e assim, conseguir chegar aonde lhe interessa rapidamente;
- A interação pode ser realizada de dois modos: consulta livre de tutoriais (o usuário navega pelos tutoriais de CEQ) ou resolução de problemas de CEQ (onde o usuário responde questões sobre um processo produtivo). Na interação com o ambiente o usuário possui controle de seguir as recomendações do tutor ou não;
- Problemas reais de CEQ: os problemas usados pelo STCEQ deveriam ser problemas *reais* de CEQ, com fluxos produtivos e dados reais. Entretanto, devido a dificuldade de obtenção de dados reais em empresas foram usados fluxos produtivos reais e números pseudo-aleatórios como dados;
- Supervisão: neste sistema existe um especialista, que detém as respostas ditas corretas das questões apresentadas aos aprendizes. Outro supervisor é o Tutor, que irá comparar as respostas dos aprendizes com as do especialista, armazenar as possíveis diferenças, calcular o desempenho, além de sugerir os possíveis caminhos a serem seguidos pelos aprendizes, como por exemplo, qual o problema que deve ser resolvido, ou ainda, qual tutorial deverá ser consultado;
- *Feedback*: o STCEQ tem a capacidade de mostrar para os aprendizes os seus *logs* (tutoriais consultados e problemas resolvidos e desempenho).

2.7.2.3 Considerações a respeito do STCEQ

O STCEQ foi concebido para ser usado por aprendizes e profissionais interessados em Controle Estatístico da Qualidade. O sistema é aplicado em uma área que carece de ambientes educacionais, e que é muito importante para a sobrevivência

das empresas, pois os clientes exigem, cada vez mais, receber produtos e serviços com qualidade.

Entretanto, o modelo (metodologia e a aplicação) possui alguns pontos que podem ser melhorados, como os já apresentados na justificativa deste trabalho, por exemplo:

- O modelo é usado em uma aplicação *stand-alone*, não possibilita colaboração entre os aprendizes, o que é uma característica extremamente importante para um ambiente educacional devido às várias vantagens citadas anteriormente;
- Por ser *stand-alone* e por ser usado no ambiente Windows, o sistema não possibilita, flexibilidade temporal e espacial, isto é que o mesmo possa ser acessado de qualquer lugar a qualquer hora, além de não ser uma aplicação multiplataforma, o que iria possibilitar facilidades de uso;
- Existem tecnologias que podem vir a favorecerem o processo educacional. Assim, é possível melhorar a interação e a usabilidade do ambiente. Por exemplo, o modo como está colocado o menu principal, deixa somente duas alternativas para o usuário encontrar o que procura, poderia haver um modo de o usuário poder ir para onde quer de uma forma mais dinâmica, sem precisar passar sempre pelos mesmos lugares;
- Apesar do modelo possuir um simulador de números pseudo-aleatório, carece de experimentos virtuais, para que fosse possível mudar parâmetros, e assim, interagir com os experimentos. Este recurso auxiliaria o aprendiz a aprender com a prática tornando o aprendizado mais motivador, realista e eficiente;
- As mensagens de recomendação apresentadas pelo tutor no módulo de problemas são muito vagas, o aprendiz acaba sem ter uma direção de onde está o erro cometido;
- O tutor armazena os tutoriais que o aprendiz já visualizou e os problemas resolvidos e apresenta um diagnóstico. No entanto, seria interessante que o

sistema possuísse um agente gerador de *Log*, e também usar ferramentas de *Data Mining*, assim pode-se saber por onde o aprendiz andou navegando e o tempo dedicado a cada atividade. Com este conjunto de dados é possível que o educador possa definir melhor a estratégia de ensino como, por exemplo, selecionar os conteúdos, simulações, atividades que devem ser melhorados, caso detecte possíveis falhas no ambiente. Além disto, com estas informações pode-se definir o conhecimento de cada aprendiz, e assim, criar o seu perfil;

- O módulo interface faz a comunicação com o usuário. Este item pode ser melhorado com o uso da Web, que possibilita que sejam criados novos aspectos pedagógicos como poder aprender com a colaboração de outros aprendizes e do professor, e assim, fazer com que a aprendizagem se torne construtivista e que possibilite um ganho na aprendizagem. Desta forma melhorando a interatividade, e conseqüentemente motivando ainda mais os aprendizes a utilizarem o ambiente e assim, se sentindo mais confortáveis no uso deste modelo de ensino-aprendizagem;
- Do ponto de vista da Engenharia de Software, o modo de manutenção dos elementos do ambiente não é bom, pois o administrador (professor) precisa conhecer o funcionamento da *Shell Kappa*, de orientação a objetivos, e mesmo tendo estes conhecimentos o processo de administração é complexo, demorado e cansativo.
- Com a inserção de novos elementos, como o laboratório virtual, agente de monitoração (caminhos percorridos), melhoramento nas mensagens passadas ao usuário, ferramentas de colaboração e a navegação de forma maleável, é possível ganhar em atratividade, flexibilidade, desempenho, interatividade, produtividade e eficiência no processo de ensino-aprendizagem.

Portanto, vislumbra-se a possibilidade de melhorias na metodologia utilizada para o ensino-aprendizagem de CEQ, sendo de grande utilidade o uso de suporte computacional, como os ambientes inteligentes.

3. MODELO PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE

Após investigar ferramentas, técnicas e metodologias que favorecem o aprendizado de CEQ, além de estimular a utilização e interação dos aprendizes com os ambientes de aprendizagem virtuais inteligentes, notou-se que a área carece de um modelo para o ensino-aprendizagem do Controle Estatístico da Qualidade que possua elementos flexíveis. O referido modelo é composto de uma metodologia, Ambiente Inteligente Distribuído e um Laboratório Virtual. Assim, é necessária a definição de uma metodologia e um Ambiente Inteligente Distribuído possuindo um Laboratório Virtual voltados para ensino-aprendizagem de CEQ. Isto possibilitará aos aprendizes um possível ganho no processo de ensino-aprendizagem.

O modelo que será apresentado em seguida não tem por objetivo esgotar todos os temas referentes ao CEQ.

De acordo com Reis (2001, p. 111), CEQ trata-se de um assunto muito vasto para que se possa sintetizar com apenas um modelo de ensino-aprendizagem, que pode vir a ser utilizado em uma disciplina regular de graduação ou num curso de treinamento.

Baseando-se no modelo definido por Reis (2001), são apresentados os elementos considerados mais importantes para uma melhor compreensão do CEQ pelos aprendizes, e então, uma melhor utilização de suas técnicas pelas organizações. Os itens do presente modelo são a metodologia, o conteúdo e o ambiente computacional, os quais são subdivididos, conforme Figura 8.

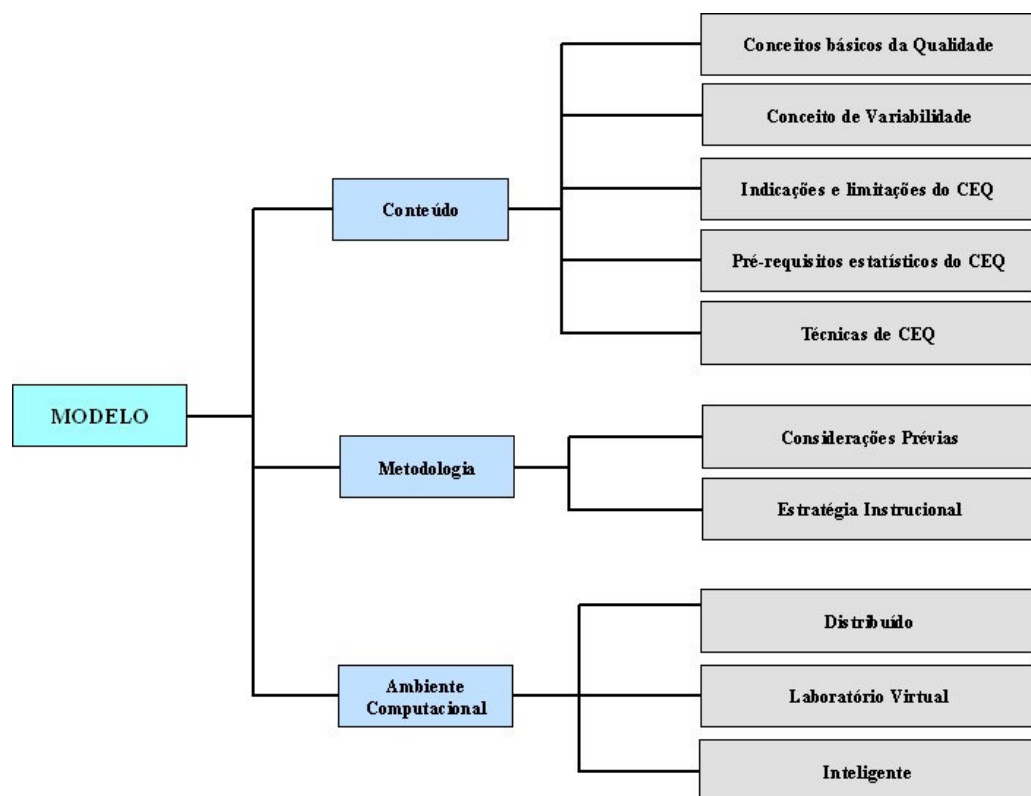


Figura 8: Modelo para o ensino-aprendizagem de CEQ.

Adotou-se esta estruturação do modelo para facilitar a implementação e possíveis adaptações do mesmo, dependendo de cada público alvo.

O conteúdo do modelo será dividido em cinco seções: Conceitos básicos da Qualidade, Conceito de Variabilidade, Indicações e limitações do CEQ, Pré-requisitos estatísticos do CEQ e Técnicas de CEQ. O conteúdo do modelo está totalmente baseado no trabalho de Reis (2001, p. 112-122). Sendo assim, maiores detalhes sobre o Conteúdo do Modelo é possível obter em Reis (2001).

A metodologia possuirá considerações prévias que orientaram o seu desenvolvimento, a estratégia instrucional, assim como o ambiente computacional, terão suas características descritas no decorrer deste trabalho, incluindo suas propriedades, como inteligência artificial, sistema distribuído voltados para educação e o Laboratório Virtual.

3.1 Metodologia do modelo

Segundo Ferreira (2004), no dicionário da língua portuguesa, metodologia é o estudo dos métodos, e método pode ser definido como: “caminho pelo qual se atinge um objetivo; processo ou técnica de ensino; modo de proceder; maneira de agir; meio, ordem; programa que regula previamente uma série de operações que se devem realizar”.

De acordo com Pereira e Geyer (1999), metodologias ou métodos de ensino podem ser definidos como a forma de organização de um currículo. Ou ainda, a seleção e a sequência de como o material será apresentado aos aprendizes, isto é, um plano de ações denominadas táticas de ensino com o objetivo de que o aprendiz possa alcançar uma aprendizagem efetiva.

A metodologia é definida neste trabalho basicamente como a demonstração de como o conteúdo e os procedimentos serão apresentados e discutidos, e a dinâmica utilizada fazendo a junção entre elementos tradicionais e os recursos tecnológicos como a biblioteca (tutoriais), laboratório virtual, resolução de problemas e dentre outros.

Os objetos serão usados e disponibilizados com o intuito de se tentar alcançar o aprendizado dos aprendizes. Por exemplo, com os recursos tecnológicos os aprendizes poderão acessar, consultar, resolver problemas e fazer simulações no laboratório virtual, além de outras atividades.

“Os aprendizes interpretam as informações no contexto do percurso em que as experimentam, então o conhecimento está ancorado nos contextos nos quais eles aprendem” (JONASSEN, 1996, p. 71).

Pretende-se demonstrar a organização, formas de utilização e o modelo de navegação que o usuário pode realizar com o ambiente e como os objetos contidos neste se relacionam com o intuito de auxiliar o aprendiz no processo educacional. Além disto, este método tem por objetivo que o aprendiz possa se sentir motivado durante todo o percurso em busca do conhecimento.

Sendo assim, o que se almeja é que não ocorra uma desistência precipitada do uso do ambiente, além de possibilitar um ambiente amigável onde a estrutura e a *interface* sejam eficientes no apoio ao complemento educacional. Desta forma, estes aspectos de uso sejam encarados como um benefício deste ambiente aqui proposto.

Neste contexto o presente trabalho está atento às teorias construtivistas, que colocam o aprendiz como sujeito ativo dentro do processo educacional.

Segundo Seixas et al, (2003), os modelos pedagógicos que seguem a teoria do construtivismo, baseados nos trabalhos de Jean Piaget, dizem que o professor deve ser o agente mediador na interação aprendiz-objeto. Os papéis de atuação neste sistema tanto do aprendiz como do professor são ativos e dinâmicos, desenvolvidos ao longo do processo e podem ser reavaliados constantemente. Estes modelos diferem do modelo comportamentalista, centrado no professor e com uma postura passiva do aprendiz.

Segundo Reis, Rezende e Barros (2004), é possível dizer que o construtivismo possuía a idéia de que o indivíduo é agente ativo de seu próprio conhecimento, isto é, ele constrói significados e define o seu próprio sentido e representação da realidade de acordo com as experiências e vivências que adquirir ao longo da vida, em diferentes ambientes.

De acordo com Seixas et al (2003), a abordagem de ensino na teoria construtivista não está centrada no professor, mas sim, constitui-se de um problema que compete ao aprendiz explorar, questionar, repensá-lo de diversas maneiras, originar hipóteses e reflexões, enquanto o professor acompanha o processo educacional impulsionando os recursos necessários para a superação de eventuais dificuldades ou para novas interações, auxiliando e enriquecendo este processo. Portanto, ao professor deve se utilizar de estratégias que possibilitem ao aprendiz construir seu conhecimento relacionado àquele objeto.

3.1.1 Considerações prévias

Esta seção destina-se à apresentação das razões para escolha da estratégia instrucional, que será descrita na próxima seção. Além disto, são relatados os motivos que levaram a decidir-se por integrar um ambiente computacional ao modelo.

3.1.1.1 Por que integrar um ambiente computacional ao modelo ?

De acordo com Machado e Maia (2004, p. 6), os modelos educacionais criados com base na teoria construtivista, o aprendiz deve criar seu próprio conhecimento e não absorvê-lo passivamente dentro da sala de aula ou através da leitura de livros-texto. Neste contexto, o aprendiz para adquirir o aprendizado é necessário que não só descubra fatos mas que, a partir destes, construa modelos mentais viáveis que possibilitam a construção do conhecimento.

Quando o sujeito faz uma determinada tarefa repetidas vezes acaba construindo seu modelo mental sobre o assunto em questão. Através destas interações e dos modelos mentais formados o sujeito consegue entender melhor suas interações e os resultados gerados a partir delas.

A interação entre o sujeito e o objeto pode ser, por exemplo, em um ambiente de ensino-aprendizagem onde o aprendiz irá poder praticar em simulações ou resolução de problemas, e então, desenvolver suas próprias “regras de descoberta”, e assim, criar modelos mentais capazes de definir e anunciar antecipadamente determinadas situações deparadas pelo aprendiz.

De acordo com Reis (2001, p. 126), um ambiente computacional voltado para a educação com a abordagem exploratória permite adquirir novas informações através de atividades iniciadas e controladas pelo próprio aprendiz.

Segundo Valente (2004a), as novas modalidades de uso do computador na educação apontam para uma nova direção: o uso desta tecnologia não como “máquina de ensinar” mas como uma nova mídia educacional, onde o computador passa a ser uma

ferramenta educacional, uma ferramenta de complementação, de aperfeiçoamento e de possível mudança na qualidade do ensino. Isto tem acontecido pela própria mudança na nossa condição de vida e pelo fato de a natureza do conhecimento ter mudado. O mundo encontra-se dominado pela informação e por processos que ocorrem de maneira muito rápida e imperceptível.

Ainda, de acordo com Valente (2004a), ao invés de memorizar informação, os aprendizes devem ser ensinados a buscar e a usar a informação. Estas mudanças podem ser introduzidas com a presença do computador, que deve propiciar as condições para os aprendizes exercitarem a capacidade de procurar e selecionar informação, resolver problemas e aprender independentemente.

Segundo O'Sullivan (1995), as pessoas que utilizam o Controle Estatístico de Processo basicamente devem possuir a habilidade para interpretar resultados apresentados graficamente, por exemplo, nos Gráficos de Controle, e resolver problemas com base em informações estatísticas. Um ambiente computacional que possibilite a aprendizagem construtivista permitiria atender a essas exigências, e definindo-se um recurso útil para a aprendizagem do CEP.

Como o CEP é um dos elementos do CEQ, e as outras técnicas deste tema também exigem características semelhantes, pode-se dizer que um ambiente computacional adicionado ao modelo de ensino-aprendizagem vem a ser de grande importância para a educação dos aprendizes neste área.

3.1.1.2 Por que um ambiente distribuído via Internet ou Intranet?

A tecnologia pode vir a ser uma grande companheira para os professores, mas para que isso ocorra de fato é necessário que o educador possua uma bagagem pedagógica e conhecimento do seu conteúdo específico. Desta forma, o emprego do computador e a Internet, por exemplo, como tecnologia, pode vir a contribuir para uma aprendizagem eficiente. Caso contrário, o uso do computador vai simplesmente acelerar e ampliar falhas cometidas na educação tradicional.

De acordo com Xavier e Ivanov (2005), os fatores que contribuem para o uso cada vez maior de sistemas via Internet são:

- Independência de tecnologia: a Internet ou Intranet não necessita de nenhum sistema operacional ou máquina específica devido à arquitetura de seu protocolo, ou seja, é portátil;
- Escalabilidade: muitos sistemas podem compartilhar esta tecnologia, ainda mais com os recursos disponíveis como a banda larga, o que expande ainda mais esta qualidade;
- Conectividade Universal: qualquer sistema pode comunicar-se com qualquer outra aplicação, seja ela interna ou externa à organização ou ao centro de treinamento.

Conforme Martens (2001, p. 433-437), os ambientes de ensino-aprendizagem baseados na *Web* proporcionam maior flexibilidade e adaptabilidade para os aprendizes, tornando este recurso educacional eficientes também para a auto-aprendizagem.

Ambiente educacionais distribuídos possibilitam flexibilidade geográfica e de tempo, para que o aprendiz possa estudar no seu próprio ritmo e onde lhe convier. Sendo assim, com esta flexibilidade espacial e temporal o aprendiz pode a qualquer momento tirar suas dúvidas, resolver problemas, e aprender sobre o assunto que lhe interessa naquele instante.

Além destas vantagens, flexibilidade de horário, flexibilidade de lugar e flexibilidade de ritmo, estes sistemas possuem outros benefícios, como o acompanhamento individual (é possível acompanhar individualmente a evolução do aprendizado de cada aprendiz), o custo/benefício (menor custo de implantação) e a abertura/equidade (eliminação das barreiras de acesso ao aprendizado, maior número de aprendizes podem se beneficiar com estes ambientes).

Neste contexto de ambiente distribuído pode-se destacar os conceitos que envolvem a EAD por ser uma forma de educação distribuída.

Segundo Moran (2005a), a educação a distância não é um lugar em que o indivíduo se serve de algo já pronto. É um lugar que tem uma prática que permite um equilíbrio entre as necessidades e habilidades individuais do sujeito ou do grupo a que pertence, de forma presencial e virtual. Desta forma, é possível ter um avanço rápido, trocar experiências, esclarecer dúvidas e inferir resultados. As práticas educativas combinam aulas presenciais com virtuais, uma das partes dos cursos presenciais é realizada virtualmente, outra à distância ou virtual-presencial, isto é, as pessoas vão ver-se e ouvir-se, intercalando períodos de pesquisa individual com outros de pesquisa e comunicação em grupo.

De acordo com Marques (2005), através deste tipo de abordagem educacional distribuída é possível atender a um público muito maior e mais variado que os cursos tradicionais. Público esse, aliás, que não teria como voltar ou continuar a estudar sem a EAD.

De acordo com Ferreira (2000), a Educação à Distância democratiza o acesso à Educação, aos aprendizes que se encontram dispersos geograficamente e que residem em locais onde não haja instituições convencionais de ensino. Sendo assim, exigindo menos recursos financeiros. Está abordagem possibilita uma aprendizagem autônoma e ligada à experiência dos aprendizes, que não precisam sair de seu trabalho ou até mesmo de sua cidade. Ainda, vem a promover um ensino inovador e de qualidade, garantindo o acompanhamento dos tutores, para tirar dúvidas, incentivar e avaliar os aprendizes. Incentiva a Educação continuada permitindo que as pessoas se mantenham atualizadas, e também, o aperfeiçoamento profissional daqueles que querem aprender mais. Além disto, a EAD vem permitir que os aprendizes sejam realmente ativos, que venham a se tornar responsáveis pela sua própria aprendizagem e, principalmente, aprendam a aprender.

Outra grande vantagem dos ambientes distribuídos via internet ou Intranet é em relação a engenharia de software, pois estes sistemas possibilitam flexibilidade, robustez e facilidade no que se refere a manutenção de um sistema. Não é preciso ter várias pessoas na equipe de implantação e gestão destes sistemas, pois não é necessário instalar este software em cada uma das máquinas dos usuários, pois o controle fica em

um servidor, e o acesso ocorre através de um *browser*. Desta forma, economizam-se recursos financeiros, e de pessoal, além de facilitar a manutenção destes ambientes.

3.1.1.3 Por que usar um laboratório virtual ?

É importante haver uma grande interatividade entre o conteúdo e o aprendiz, por exemplo, utilizando experimentos virtuais, simulações, desafios através de resolução de problemas, dentre outros. Com isto, diminui-se a chance de se ter aulas desanimadoras. A motivação dos aprendizes pode ser obtida através do uso de softwares mais interativos, que favoreçam a experimentação virtual, nunca esquecendo da postura descentralizadora do professor.

De acordo com Santos (2002, p. 48), são necessários mecanismos que possibilitem a prática dentro do estudo de ciências, como os laboratórios virtuais, pois não basta ter somente o aprendizado teórico. A prática é uma forma de melhoramento da compreensão do conteúdo que está sendo assimilado pelos aprendizes, além de funcionar como uma espécie de facilitador do estudo.

De acordo com Machado e Maia (2004), os simuladores englobam a definição dos modelos dinâmicos e simplificados do mundo real. O potencial educacional neste tipo de recurso é muito superior ao dos programas tradicionais.

Um Laboratório Virtual tem por objetivo simular um laboratório real com a maior fidedignidade possível, como também simular um laboratório que não existe, além de evitar gastos financeiros, pois pode-se fazer diversas simulações evitando-se desperdício de matérias. Outra característica diz respeito à segurança dos próprios aprendizes, pois em um ambiente virtual pode-se evitar eventuais acidentes durante as experimentações.

De acordo com Romeu (1995), um modelo educacional que possua simulação e possível análise por parte dos aprendizes seria considerando um recurso extremamente importante para o ensino-aprendizagem de estatística. Um ambiente que possua experimentos criados pelo usuário, possui o sabor da incerteza nos resultados

experimentais, como acontece na vida real. Esta incerteza produzida pelo laboratório virtual representa uma real situação que os aprendizes vão se deparar nas suas vidas profissionais. Com as simulações são feitas as aproximações entre a teoria e a prática o que acaba ocasionando uma maior facilidade e rapidez no entendimento de estatística.

Segundo Mills (2002), um sistema destinado ao ensino de estatística que use simulação em computador, ou seja, um experimento virtual, pode beneficiar os aprendizes favorecendo o desenvolvimento de seu próprio entendimento sobre os conceitos de estatística. Com este recurso os aprendizes terão a oportunidade para aprender a construir suas próprias idéias e conhecimento, não esquecendo a importância do professor para orientá-lo durante este processo.

Devido a complexidade das técnicas de CEQ, e então, a dificuldade do entendimento do seu funcionamento, acredita-se que um sistema que possibilite ao aprendizes além de aprender a teoria, colocá-la em prática seja na resolução de problemas ou em simulações criadas por ele mesmo, pode vir a ser um grande facilitador para o ensino-aprendizado de CEQ. Através do recurso de poder aprender também com a prática, experimentação de conflitos teóricos, pode levar os aprendizes a sanarem suas dúvidas e diminuir possíveis falhas de má interpretação das técnicas de CEQ.

Conforme Mills (2002), os professores de estatística estão sempre a procura de novos métodos pedagógicos ou alternativos para melhorar o ensino-aprendizagem. Existem numerosas recomendações para oferecer um ambiente educacional com experimentos virtuais, pois estes oferecem a oportunidade para a aprendizagem sem igual e ensino experimental de forma concreta, onde na construção individual dos significados são obtidas idéias sobre conceitos estatísticos.

Conforme Walker (2004), as simulações em um laboratório virtual podem ser usadas para ensinar complicados conceitos de estatística, como a regressão linear, e outros. Além disto, o aprendizado pode ocorrer mais depressa e efetivamente que somente aulas expositivas na forma tradicional de ensino. As simulações passam a promover um modo de sumarizar com mais eficiência os conceitos de estatística.

Basicamente, pode-se dizer os experimentos virtuais são os mais eficientes recursos pedagógicos que se pode utilizar em um ambiente educacional.

3.1.1.4 Por que usar um ambiente inteligente ?

Em se tratando de educação à distância, é possível observar muitas vantagens de sua utilização, entretanto, existem alguns pontos a considerar.

Conforme Dorça (2002), em um ambiente de educação a distância o aprendiz muitas vezes não conta com uma assistência personalizada e inteligente como normalmente ocorre no ensino presencial, esta é a sua principal desvantagem. Além do que, os aprendizes podem apresentar perfis bastante diferenciados. Em virtude disto, um desafio para os pesquisadores é o desenvolvimento de aplicações educacionais dinâmicas através da *Web* que possibilitem um sistema com certa quantidade de inteligência.

Segundo Pozzebon (2003), um ambiente educacional que utilize técnicas de IA para aumentar a eficiência do aprendizado permite aos aprendizes selecionar variáveis como conteúdo, tempo, lugar e volume de matéria a ser aprendida. Estas técnicas permitem que o desenvolvimento de habilidades autodidatas, tornando o aprendizado mais independente e fazendo amplificar os seus estudos.

Um sistema educacional inteligente possibilita a cada aprendiz um ensino-aprendizagem personalizado. Desta maneira é possível que o professor possa utilizar um mecanismo que facilite a atenção individualizada a cada aprendiz, dando recomendações e guiando o mesmo durante todo o processo educacional.

De acordo com Pozzebon, Frigo, Bittencourt (2004), um sistema que utiliza técnicas de inteligência artificial permite que sejam modelados características do aprendiz e a flexibilização do comportamento do sistema, e assim, facilidade o processo de aprendizagem.

Os principais sistemas que se podem observar ao se tratar sobre IA aplicado na educação são os Sistemas Tutoriais Inteligentes, já mencionados na seção 2.3.2.

Segundo Novello et al (2005), um STI envolve abordagens relacionadas ao que ensinar e como ensinar, de forma a adaptar o ensino-aprendizagem de um dado conteúdo às necessidades dos aprendizes, proporcionando um aprendizado de forma personalizada.

De acordo com Santos e Reis (2005), os ambientes educacionais que usam a abordagens de inteligência artificial permitem que educadores utilizem um sistema educacional como complemento de suas aulas, conseguindo assim dar uma atenção individualizada aos aprendizes.

De acordo com Neide (2005), pode-se definir 2 pontos centrais quando se fala de Inteligência Artificial aplicada na educação:

- habilidade de IA para modelar conhecimento. Este é o elemento central: o sistema pode resolver problemas que o aprendiz tem que resolver. O sistema está baseado no conhecimento do domínio a ser ensinado aos aprendizes.
- Produção de interações bidirecionais entre o aprendiz e o sistema. Espera-se que o sistema auxilie nas interações entre o aprendiz e o sistema especialista, durante o processo de aprendizado. As interações são muito importantes quando se trata da obtenção de capacidade de processamento na resolução de problemas complexos.

Conforme Reis (2001, p. 133), um ambiente educacional inteligente possibilita ao aprendiz a oportunidade de resolver problemas:

- com acompanhamento e aconselhamento quando necessário;
- evita o constrangimento de estar atuando em frente ao professor e colegas;
- não possui os riscos de uma situação real.

Um ambiente que possua inteligência para auxiliar o aprendiz acaba propiciando uma modelo educacional do tipo *aprender-fazendo*, onde o aprendiz desenvolve habilidades a respeito do domínio de ensino, e guarda este conhecimento para toda a vida, como enfatiza Du Plessis et al:

[...] um aprendiz encontra-se resolvendo um problema de alguma aplicação. Ele encontra-se concentrado nesta atividade, recebendo todas as atenções durante o seu processo de resolução. O professor, por outro lado, recebe a análise do desempenho do aprendiz, imediatamente após o término da tarefa do aprendiz. O professor encontra-se livre do dever de atender os aprendizes e repetir o mesmo assunto uma e outra vez. Ele pode identificar os aprendizes com maiores aptidões e tem agora tempo para outorgar maior atenção aos que a requerem. Este cenário é possível com o uso do computador e softwares apropriados (1995).

Além dos elementos levantados nesta seção é possível observar outros motivos do uso de um ambiente inteligente em um sistema educacional, na seção: 2.3 .

3.1.2 Estratégia Instrucional

A estratégia instrucional apresentada aqui tem por base o trabalho de Reis (2001) e Santos (2002). Além da experiência do presente autor deste trabalho na elaboração, modelagem, definição, construção, implementação, e avaliação de um ambiente educacional, chamado Ambiente de apoio ao Laboratório Virtual de Física, maiores detalhes em Santos (2002).

Conforme Reis (2001, p. 123-126) e Hong e O'Neil (1992), a melhor estratégia instrucional de apresentação de conteúdos é fazê-los separadamente dos conceitos de CEQ (primeiramente os conceitos e posteriormente os procedimentos que sejam necessários), realizada de forma diagramática (utilizando diagramas e figuras para representar os conceitos e procedimentos).

Não existe a intenção de definir protocolos de ação detalhados, mas apenas diretrizes, para que a implementação do modelo possa ser feita de forma flexível e adaptada a cada particularidade das disciplinas ou programas que envolvam CEQ.

Dentre os elementos desta estratégia pode-se destacar a apresentação dos conteúdos, apresentação dos procedimentos, a dinâmica utilizada e por fim, o ambiente computacional incorporado ao modelo, como ilustra a Figura 9.

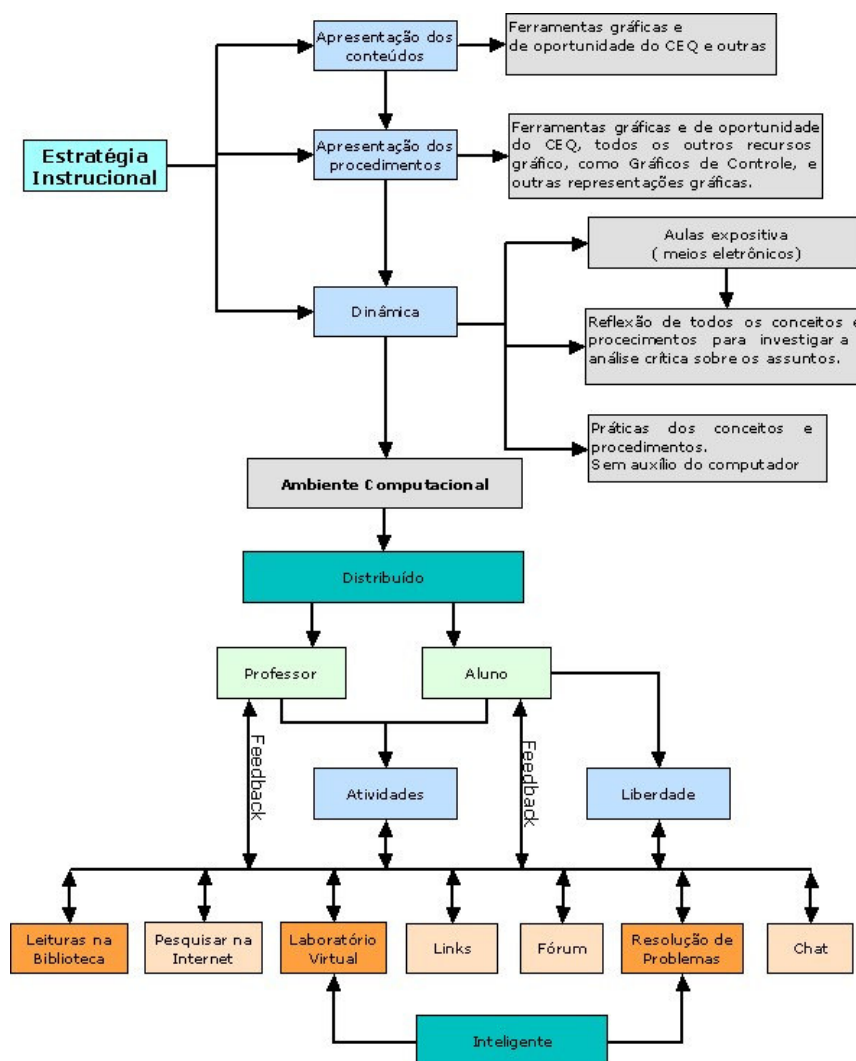


Figura 9: Elementos da estratégia instrucional.

De acordo com Reis (2001), em primeiro lugar a apresentação dos conceitos, realizada primeiro e com o uso de diagramas, deve incluir as próprias ferramentas gráficas utilizadas no CEQ (histograma, diagrama de dispersão, Pareto e outras) fazendo com que o aprendiz acostume-se desde o início com seu uso e defina seus modelos mentais durante o processo de ensino-aprendizagem. Quando forem apresentados os procedimentos das técnicas de CEQ, tais ferramentas gráficas devem ser usadas mais uma vez, em alguns casos o aprendizado será mais rápido devido à familiarização prévia com a própria técnica que está sendo explicada, mas isto vai depender da experiência prévia de cada aprendiz.

De acordo com Reis (2001), em segundo lugar, é preciso observar a dinâmica do processo de ensino-aprendizagem. Poderiam ser utilizadas aulas expositivas, utilizando recursos eletrônicos como projetores multimídia e demonstração de softwares relacionados com CEQ (recomendável), isto permitiria a realização de simulações e explorações gráficas, ou ainda, caso não exista tais recursos, pode-se utilizar transparências e retroprojetores. Apesar de parecer incompatível a recomendação de aula expositiva, deve-se observar que vários aprendizes podem estar se deparando pela primeira vez com os conceitos de CEQ. Desta forma, na opinião Anastasiou (1995a) e Anastasiou (1995b), é preciso que haja a exposição por parte do professor. Conforme Reis (2001, p. 129), cabe uma observação muito importante: o processo precisa adicionar uma discussão que leve ao processo de *perturbação/acomodação* previsto na abordagem construtivista, principalmente quando os conceitos forem apresentados aos aprendizes.

O diálogo entre professor e aprendizes faz com que o processo de ensino-aprendizagem se torna mais efetivo, pois através deste o aprendiz deixa muitas vezes de ser um impugnador e passa a ser um dos sujeitos ativos mais importantes no processo educacional, ou seja, um parceiro do processo de ensino-aprendizagem.

O terceiro item da estratégia é a prática dos conceitos e procedimentos, a sua melhor assimilação, ou mesmo a sua aquisição se os itens anteriores não foram bem sucedidos. Isto é importante quando se trata dos procedimentos de obtenção dos resultados das técnicas e deve ser feito a priori em duas etapas.

Conforme Reis (2001), na primeira etapa da prática o aprendiz resolve um problema de forma manual (sem auxílio do computador, apenas utilizando uma calculadora, ou por exemplo, desenvolvendo suas funções em uma planilha eletrônica) cálculos e plotagem dos gráficos. Este tipo de prática permite sentir todas as dificuldades envolvidas nas técnicas de CEQ, por exemplo, caso o aprendiz venha no futuro a ser um instrutor, ganhará uma visão crítica sobre os valores envolvidos, e assim, facilitando a identificação de valores excepcionais, provenientes de problemas reais ou erros de cálculo, plotagem ou coleta de dados. Devido a experiência de Reis (2001), diz que esta abordagem, embora pareça arcaica, costuma dar bons resultados, e é adotada por muitos outros professores, inclusive em universidades dos EUA.

Na segunda etapa da prática o aprendiz pode praticar ou rever os conceitos e procedimentos em um ambiente computacional distribuído. Este ambiente foi projetado levando em consideração as características de um ambiente educacional construtivista, para que possa vir a contribuir no processo de ensino-aprendizagem dos aprendizes de CEQ.

Segundo O'Sullivan (1995), um ambiente computacional permite combinar o conceito de modelos mentais e as teorias construtivistas, e assim, facilitar o aprendizado e conseqüentemente a solução de problemas de Estatística.

O objeto da estratégia instrucional denominado de ambiente computacional e seus itens, serão melhor detalhados na próxima seção.

3.2 Ambiente computacional

Em se tratando do ambiente computacional é necessário observar alguns princípios e elementos principais.

Em primeiro lugar, o ambiente é desenvolvido de forma distribuída, para que se torne fácil a inclusão de características como: flexibilidade, independência de espaço e tempo, *reusabilidade* na inclusão de novos elementos, facilidade na manutenção e possível troca de estratégias de ensino-aprendizagem quando necessário, portabilidade e *escalabilidade*.

Devido a esta capacidade de distribuição os dois principais sujeitos do ambiente, professor e aprendiz, ficam independentes geograficamente e temporalmente, ou seja, o professor pode definir determinadas tarefas e estratégias, e estas serem executadas pelo aprendiz no seu próprio ritmo e no momento mais apropriado para si.

Em segundo lugar, este ambiente se utiliza de IA para disponibilizar um ambiente personalizado a cada aprendiz.

3.2.1 Abordagem da Inteligência Artificial incorporada ao ambiente

O ambiente computacional apresentado neste trabalho foi desenvolvido levando em consideração técnicas de Inteligência Artificial, para que o mesmo pudesse ter características necessárias para poder ajudar o aprendiz durante o processo de ensino-aprendizagem de CEQ, por exemplo, acompanhamento individualizado.

Isto posto, a abordagem de Inteligência artificial utilizada é a Inteligência Artificial Distribuída. Esta abordagem pode ser usada quando se quer resolver um problema com uma enorme complexidade e que necessita ser dividido em parte menores, e então, estes subproblemas seriam resolvidos pelos agentes do sistema.

A IAD pode ser dividida em duas abordagens principais a Solução Distribuída de Problemas (SDP) e os Sistemas Multi-Agentes. Este trabalho está atendo principalmente a SDP, onde o objetivo é resolver um determinado problema. Nesta abordagem os agentes cooperam uns com os outros dividindo e compartilhando conhecimento sobre o problema e sobre o processo para obter uma solução. Os agentes que estão envolvidos neste processo da busca pela solução do problema, normalmente, são modelados para atuarem em um problema específico, e assim, não tendo uma visão do objetivo geral.

De acordo com Reis (2001), em se tratando de ensino-aprendizagem CEQ, é possível observar que é possível aplicada está abordagem de IA:

- a atividade de ensino-aprendizagem desfruta de uma enorme complexidade, e devido à decisão de implementar um ambiente inteligente, que usualmente se apresenta estruturado em módulos, a escolha da abordagem por IAD surge como a melhor opção;
- o ensino-aprendizagem de CEQ seja durante a escolha da melhor técnica para resolver um determinado problema real, ou ainda, no delineamento desta técnica, ou na interpretação dos seus resultados é igualmente complexo, tornando atrativa a aplicação de IAD.

3.2.1.1 Representação do conhecimento

Um ponto crítico de qualquer sistema baseado em conhecimento, especialmente um ambiente com características inteligentes, é o modo como o conhecimento vai ser representado. No sistema proposto foi projetada a representação do conhecimento dos agentes por meio da abordagem orientada a objeto e projeto de banco de dados que se utiliza das tecnologias de Sistema Gerenciamento de Banco de Dados, SGBD:

- tal representação facilitará o projeto e desenvolvimento do sistema, pois os mecanismos de classes, heranças, polimorfismo, abstração e métodos permitem representar tanto conhecimento declarativo quanto procedural;
- devido à modularidade inerente ao formalismo orientado a objeto e as facilidades e vantagens oferecidas pelos bancos de dados, as alterações, inclusões e remoções, que serão necessárias durante o desenvolvimento e posterior utilização do sistema, poderão ser feitas com certa tranquilidade;
- como foi desenvolvido um protótipo do sistema, naturalmente são previstas futuras expansões da base de conhecimento, que poderão ser implementadas com o formalismo orientado a objeto e tecnologias de banco de dados;
- estas tecnologias possibilitam *reusabilidade*, padronização, facilidade de manutenção, segurança, *corretude*, confiabilidade, integridade e redundância controlada.

Nesta seção foram apresentados os motivos e a forma de utilização de IA dentro do ambiente computacional. Outro ponto fundamental deste ambiente computacional diz respeito aos seus elementos, e assim na próxima seção serão descritas as características de tais elementos.

3.2.2 Características dos elementos do ambiente computacional

O método está especialmente baseado em atividades a serem realizadas pelos aprendizes. O professor pode se utilizar de todos os recursos do sistema, sua organização e as tarefas que os aprendizes devem desenvolver para que consigam de uma forma eficiente atingir seu objetivo de aumentar o conhecimento sobre CEQ. Entretanto, os aprendizes possuem a liberdade de escolher seu próprio método ou estratégia de estudo, isto é, ele pode escolher a forma de realizar as atividades sugeridas. O aprendiz, por exemplo, pode escolher não realizar nenhuma atividade sugerida, criar suas próprias tarefas (quais recursos utilizar), ou ainda, quais atividades que irá realizar de forma parcial ou total.

Desta forma, a priori dentro de cada grande área de CEQ o aprendiz encontrará certas atividades definidas pelo professor (onde o aprendiz terá as orientações a serem seguidas para a realização das tarefas propostas), no entanto, pode ignorar esta atividade inicial e partir para a que lhe interessar, ou ainda, ler algum tópico da Biblioteca, dentre outros.

Neste sistema educacional o aprendiz possui diversos recursos a serem explorados que serão descritos a seguir.

Existe uma biblioteca virtual, onde se encontram os conteúdos do referido modelo, é possível fazer a leitura de tais matérias, de forma direta ou seguindo as atividades elaboradas pelo professor, ou ainda, recomendadas pelo tutor (sistema) durante a resolução de problemas, ou simulação de experimentos virtuais.

De acordo com Reis (2001), um sistema computacional aplicado à educação de CEQ deveria possibilitar a resolução de problemas reais, para que o aprendiz se aproxime da realidade de um processo produtivo, e então estes estudos de casos venham a ter significado para os usuários do ambiente educacional. Assim, influenciando positivamente o aprendizado.

Neste modelo é possível resolver problemas que incluem a interpretação de resultados de técnicas de CEQ, a enumeração de recomendações do que fazer em função

dos resultados obtidos naquela iteração. Existem diversos problemas a serem resolvidos pelo aprendiz, projetados de forma que possam ser categorizados como situações reais. Este mecanismo possui um simulador de amostras, e então, em cada iteração são geradas novas situações daquele problema que o aprendiz está solucionando. Com isto se tem um modelo dinâmico e motivador, ou seja, se pode dizer que existem milhares de situações dentro de cada problema específico.

O professor ainda pode usar o laboratório virtual como atividade recomendada ao aprendiz, ou ainda, o próprio aprendiz pode se dirigir a tal mecanismo e utilizá-lo. Os experimentos virtuais ou simulações vêm a ser uma ferramenta onde o aprendiz se torna o centro do objeto de estudo, pois o novo problema a ser resolvido é gerado a partir das propriedades que o mesmo repassa ao sistema. Assim, o aprendiz pode tirar suas dúvidas, indagar sobre novas situações de resolução de problemas. Por exemplo, pode simular como ficaria determinada situação que ele esteja imaginando, ou até mesmo simular uma situação real. Após isto, é possível, como no mecanismo de resolução de problemas, interpretar os resultados dos estudos de casos. Durante este processo de experimentação e reflexão o aprendiz tem junto consigo um tutor acompanhando e fazendo recomendações, ajuda personalizada, para que possa obter um verdadeiro ganho no seu aprendizado.

Na resolução de problemas como no laboratório virtual existem agentes inteligentes atuando, onde a cada nova iteração é gerado um novo domínio de conhecimento sobre aquele problema e existe um tutor que verifica as respostas do aprendiz. Após, o agente tutor, caso necessário, faz uma análise dos resultados, dando o desempenho do aprendiz e recomendando atividades ou problemas que devem ser visitados para que seu desempenho venha a melhorar.

Outra característica deste método é possibilitar uma maior interação entre aprendizes e professor. É possível melhorar a forma de discussão e reflexão sobre os conceitos, procedimentos, situações de cada assunto relacionado ao CEQ, através do *Fórum* e *Chat*, ou seja, uma aprendizagem colaborativa. A inclusão deste mecanismo de colaboração no presente trabalho não tem a intenção, em nenhum momento, de colocar novos conceitos ou mecanismo de colaboração. O que se pretende é apenas utilizar um recurso educacional já consagrado e que para este modelo é importante, pois facilita a

comunicação entre professor-aprendiz e aprendiz-aprendiz no processo de discussão e reflexão crítica dos conteúdos e processos das técnicas de CEQ. E ainda, o professor pode se utilizar do mesmo como uma das possíveis atividades a serem realizadas. Além das vantagens deste tipo de ambiente virtual citadas na seção 2.2.2.

Outro objeto que é possível definir como atividades a ser realizada pelos aprendizes, é a pesquisa na Internet. Apesar de aparentemente esta ferramenta estar fora de escopo neste ambiente computacional, ela é muito importante, pois deixa ainda mais a estratégia de ensino-aprendizagem flexível, pois a pesquisa na Internet faz parte do dia-a-dia das pessoas. Existem muitos aprendizes com sede de conhecimento que vão por conta própria a procura de novas fontes. O que se quer também é saber quais os conteúdos e recursos relacionadas ao CEQ que os aprendizes podem estar utilizando como fonte extra-curricular, isto é importante para que se evite possíveis erros de entendimento. Entretanto, a utilização da Internet como fonte de estudo é importante, pois é possível obter matérias com boa qualidade (sem erros conceituais), mas é essencial que o professor esteja atento para que estes possíveis conteúdos coletados estejam com uma concepção correta e não venham a causar erros educacionais. Sendo assim, ao se utilizar deste recurso é recomendável que o mesmo venha acompanhado de discussão (se pode usar o *chat* para tal) com o professor e com os próprios colegas e que esta reflexão crítica seja disponibilizada no *fórum* para que então o professor possa julgar o que está correto ou não.

Os *links* são mais uma ferramenta que pode vir a ser usada como atividade, aqui o professor pode disponibilizar referências externas, ao próprio sistema, como por exemplo, leituras de artigos relacionados a um determinado tópico do conteúdo do modelo proposto.

Dentro desta estratégia foi concebido uma forma do professor ter um retorno de como cada aprendiz ou a turma de aprendizes estão reagindo e aproveitando o ambiente computacional. Este mecanismo é extremamente válido para que se possa observar se os protocolos detalhados escolhidos pelo professor estão possivelmente atingindo seus objetivos, e também saber se os aprendizes estão realmente motivados a utilizar este sistema educacional. Neste contexto, o aprendiz também recebe um retorno de como anda seu desempenho e quais os recursos que já utilizou.

De acordo com Demartini (2001, p. 15), cada aprendiz tem limites individuais de tempo na realização de uma tarefa. Uma importante característica em cursos remotos é a necessidade de definição de restrições temporais em diferentes atividades. Portanto, é necessária a monitoração individual de cada aprendiz.

Sendo assim, através deste retorno se pode saber quais aprendizes estão precisando uma atenção maior, pois existe a possibilidade do professor estar acompanhando a trajetória e o desempenho dos aprendizes durante o seu processo de aprendizagem (Tutor e Aprendiz).

Portanto, os mecanismo de atividades, resolução de problemas e laboratório virtual, e outros, possuem uma abordagem aberta, ou seja, possuem *escalabilidade*, no que tange a inclusão, alteração ou exclusão de novos problemas, experimentos virtuais, conteúdos ou atividades.

Pode-se citar um exemplo de seqüência de atividades que o professor pode disponibilizar para os aprendizes:

- primeira atividade: fazer a leitura sobre os tipos de gráficos de controle do CEP;
- segunda atividade: visitar e fazer uma leitura reflexiva nas referências externas, *Links*, sobre gráficos de controle;
- terceira atividade: pesquisar na Internet sobre os tipos de Gráficos de Controle, após realizar uma discussão crítica com os colegas, se pode usar o *chat* para uma prévia, colocar sua análise crítica sobre o assunto no Fórum. Logo após, observar os tópicos levantados pelos colegas, e participar da reflexão crítica dos mesmos;
- quarta atividade: Agora é hora de praticar, vá até as resoluções de problemas e resolva o problema 1, de apenas gráficos de controle. Lembre de seguir as recomendações do tutor, caso necessário;

- quinta atividade: Agora você já leu os conteúdos e procedimentos referentes aos tipos de gráficos de controle, já discutiu a respeito, e resolveu problemas, agora você pode fazer indagações e tirar algumas dúvidas no laboratório virtual. Vá até o experimento referente ao gráfico de controle, de apenas gráficos de controle, e simule situações já vivenciadas, ou ainda apenas situações imaginárias, e veja se seu pensamento está correto. Lembre de seguir as recomendações do tutor, caso necessário.

Para que o modelo pudesse ser aplicado foi importante desenvolver um protótipo do ambiente inteligente virtual distribuído. Pois através deste é possível aplicar todos os itens da metodologia proposta com certa facilidade, além do que com a tecnologia a aprendizagem pode se tornar mais dinâmica e motivadora.

4. AMBIENTE VIRTUAL INTELIGENTE APLICADO EM CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE VIA INTERNET

Neste capítulo serão apresentadas as características, elementos, e módulos que fazem parte do STCEQ.Net, Sistema Tutorial Inteligente para Controle Estatístico da Qualidade, e como estes elementos e módulos se relacionam para tentar atingir os requisitos determinados no capítulo anterior. Este ambiente recebeu tal denominação, pois tem por base o trabalho apresentado por Reis (2001), o qual projetou e criou o sistema STCEQ. Portanto, por causa desta fonte básica o ambiente virtual inteligente via Internet, demonstrado neste trabalho, recebeu a designação de STCEQ.Net.

4.1 Introdução

No capítulo 3 foi apresentado um modelo composto de uma metodologia e de um ambiente computacional para o ensino-aprendizagem de CEQ. Além disto, foram mostradas as razões para a integração de um ambiente computacional, os motivos para este ambiente ser distribuído via Internet, quais as causas que levaram a escolha de um ambiente suportando um laboratório virtual, e também, foram descritas as razões para se utilizar um ambiente inteligente usando IAD e a representação do conhecimento. Outro ponto levantado diz respeito aos elementos que compõem a metodologia de ensino-aprendizagem, suas principais características e funcionamento.

As considerações citadas acima influenciaram na modelagem e desenvolvimento do sistema para apoio ao processo educacional de CEQ.

Para construir STCEQ.Net foi feita uma modelagem, com vistas a organizar e facilitar a implementação do mesmo, e levar em consideração elementos como distribuição, inteligência e construtivismo, e assim, ocorreu de forma modular.

Para demonstrar o modelo para o ensino-aprendizagem de CEQ, foi importante desenvolver um protótipo do ambiente inteligente virtual distribuído, pois através deste é possível apresentar com certa facilidade e fidedignidade dos itens da metodologia.

A arquitetura, ferramentas e funcionamento do STCEQ.Net é basicamente o teor do presente capítulo.

4.2 Tecnologias envolvidas

Para o desenvolvimento do STCEQ.Net foram investigadas quais são as tecnologias mais adequadas para o desenvolvimento de ambientes inteligentes distribuídos de ensino-aprendizagem. Estudando e comparando as tecnologias contemporâneas para a implementação de ambientes educacionais, verificou-se que algumas se destacavam.

Por motivos de acessibilidade, disponibilidade, facilidade de interação e representação através de várias mídias, foi decidido que o ambiente distribuído fosse acessado via *Web*. Esta tecnologia permite que sejam projetados sistemas extensíveis, modulares e portáteis, o que além de facilitar a implementação deixa o sistema mais dinâmico e flexível.

Para o desenvolvimento do sistema foi escolhido o paradigma de Orientação a Objetos, pois se destaca nas características referentes à produção, reuso e manutenção de aplicações. Além disto facilita a modelagem da representação do conhecimento necessária neste trabalho, como visto em 3.2.2.1.

Das várias tecnologias analisadas para o desenvolvimento propriamente dito pode-se observar algumas como o *HyperText Markup Language* (HTML), *Cascading Style Sheets* (CSS), *JavaScript*, Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) *PostgreSQL* e *Personal Home Page* (PHP).

Como se decidiu que o ambiente distribuído seria via Internet então é de fundamental importância o uso de HTML, para que possa ser acessado via *browser*. As tecnologias CSS e *JavaScript* foram escolhidas devido às suas características de apresentação de conteúdos e facilidade de manipulação de eventos, e principalmente porque são tecnologias de produção e criação de arquivos com conteúdos que podem através de *Browsers*, serem acessadas via *Web*.

Foi escolhido o uso do banco de dados *PostgreSQL*, pois devido a algumas características que ele apresenta, como por exemplo:

- é um SGBD, é um banco de dados com licença livre e possui código aberto, ou seja, possui baixo custo financeiro;
- existem muitas referências, manuais e é amplamente conhecida e usada no mundo;
- uma base dados confiável, consistente, segura, portátil, fácil uso e manutenção;
- possibilita que sejam modelados os dados usados para a representação do conhecimento e construção do ambiente proposto.

A linguagem de programação PHP foi escolhida, pois é bastante poderosa e simples. O PHP oferece recursos tecnológicos flexíveis, robustos, portáteis, escaláveis e seguros. Possui recursos para o paradigma de Orientação a Objetos, e assim, possui *reusabilidade* de códigos. Além disto, possui recursos gráficos e facilidade para modelagem baseada em regras, usadas pelos agentes inteligentes neste trabalho.

4.3 Estrutura e ferramentas do ambiente

O ambiente de apoio proposto visa complementar, através de conteúdos, descrições e práticas aquilo que não pode ser visto em sala de aula, em função do tempo escasso e/ou falta de recursos disponíveis para tal. O que se quer também é disponibilizar um local onde o aprendiz possa revisar o conteúdo, experimentos,

conflitos e refletir sobre CEQ quando achar pertinente. E também, mostrar aos aprendizes estudos de casos, experimentos e simulações que são difíceis de serem entendidos no quadro-negro ou em livros, devido à sua complexidade. Sendo assim, o que se quer também com este trabalho, é que além das aulas presenciais os aprendizes tenham a oportunidade de serem os construtores de seus conhecimentos.

Neste sistema existem recursos que permitem que a informação, a ser apresentada, seja organizada de forma eficiente pelo professor, e acessada de forma motivadora e agradável ao aprendiz através da *Interface* com o usuário, além de mecanismos que permitam a colaboração entre os usuários do ambiente. Outro recurso extremamente importante nesta estrutura são os agentes inteligentes, através dos quais o ambiente proposto ganha ares de ambiente inteligente, pois utiliza IA, servindo-se de um sistema de regras usado pelos agentes para inferir o domínio do conhecimento e fazer recomendações aos aprendizes. É possível visualizar a estrutura e do presente ambiente virtual inteligente via Internet na Figura 10.

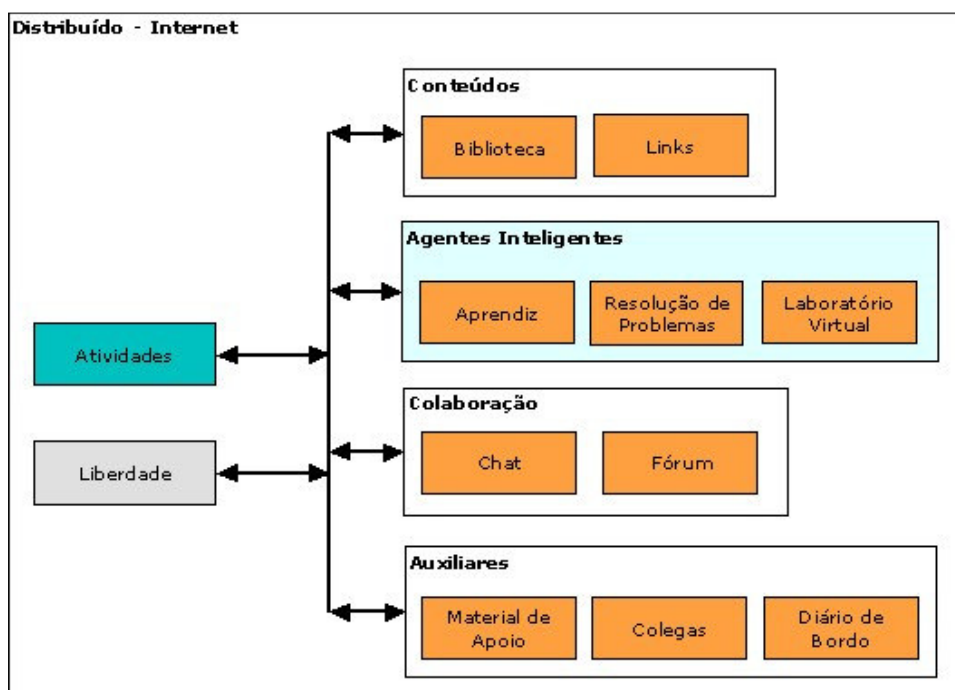


Figura 10: Estrutura e ferramentas do ambiente

Para um melhor entendimento do STCEQ.Net é apresentada uma breve descrição das ferramentas disponíveis neste ambiente:

- Atividades: é neste módulo que é articulada a utilização dos demais recursos do ambiente, baseando-se nos pressupostos do construtivismo. É onde o aprendiz terá as orientações a serem seguidas para a realização das atividades propostas. Entretanto o aprendiz tem a liberdade de seguir as orientações ou não, a qualquer momento;
- Material de Apoio: conterá informações complementares, que poderão ser úteis aos aprendizes, por exemplo, *URLs* de softwares que podem ser úteis durante o processo de aprendizado, dentre outros;
- Biblioteca: neste local os aprendizes poderão encontrar leituras dos conteúdos de CEQ, organizadas por assunto e textos disponibilizados pelo professor, relativos a cada tema específico;
- Colegas: onde o aprendiz pode obter informações sobre os seus colegas, isto é utilizado para facilitar a comunicação entre os participantes.
- Fórum de Discussão: as contribuições neste fórum têm o intuito de possibilitar que os aprendizes manifestem-se sobre determinado assunto que mereça discussão, posicionamento;
- Chat: possibilita comunicações síncronas entre os integrantes do ambiente;
- Aprendiz: conterá informações pessoais de cada aprendiz como, por exemplo, os resultados obtidos em cada tipo de resolução de problemas e o seu desempenho;
- Diário de Bordo: permitir que os aprendizes guardem relatos e anotações que julguem pertinentes para o seu processo de ensino-aprendizagem;
- Links: local onde o professor pode disponibilizar *URL's* sobre os assuntos abordados no ambiente, onde é possível referenciar outras fontes pertinentes aos tópicos de CEQ;
- Resolução de Problemas: repositório de exercícios *on-line*, organizados por áreas, o qual é composto de estudo de casos a serem realizados pelos

aprendizes. Aqui o aprendiz encontrará os problemas que são propostos para que sejam resolvidos. Este recurso possui agentes inteligentes atuando, para que se possa dar uma atenção individualizada a cada aprendiz. Em cada problema é apresentado um estudo de casos, resolução de problemas, e se deve tentar resolver determinadas questões levantadas. Dependendo das respostas o agente tutor reage avaliando e recomendando o que fazer para se superar as dificuldades de aprendizado estabelecida. Por exemplo, dependendo do desempenho do aprendiz o tutor pode recomendar que seja feita determinada atividade, ou ainda, que seja resolvido outro tipo de problema;

- Laboratório Virtual: repositório de experimentos virtuais, organizados por áreas. As simulações a respeito de Gráficos de Controle, por exemplo, para que o aprendiz possa saber como o seu pensamento ficaria aplicado na prática, e assim, tendo um *feedback* se está no caminho correto ou não.

4.4 Forma de interação com o ambiente

Como já mencionado no decorrer deste trabalho é possível interagir com o ambiente utilizando atividades recomendadas pelo professor, ou pelos agentes inteligentes, ou ainda, de forma livre. Foi dada a liberdade de escolha para que não se penalize os aprendizes que já possuam determinados conhecimentos de CEQ, e assim, estes podem partir direto para os itens que lhe interessam, e então, se tem um ambiente educacional construtivista, onde o aprendiz é o centro do processo de aprendizagem.

Para que o aprendiz possa acessar o ambiente, é necessário que o mesmo possua um *login* e uma senha. Estes devem ser fornecidos pelo professor ou responsável. Esta autenticação é utilizada para que os agentes inteligentes, especialmente pelo agente Tutor, possam diferenciar as interações de cada aprendiz com o ambiente, e assim, poder definir o seu perfil. Então é possível individualizar o processo de ensino-aprendizagem a cada aprendiz. Logo após a autenticação é possível entrar na página principal, que pode ser visualizada na Figura 11.

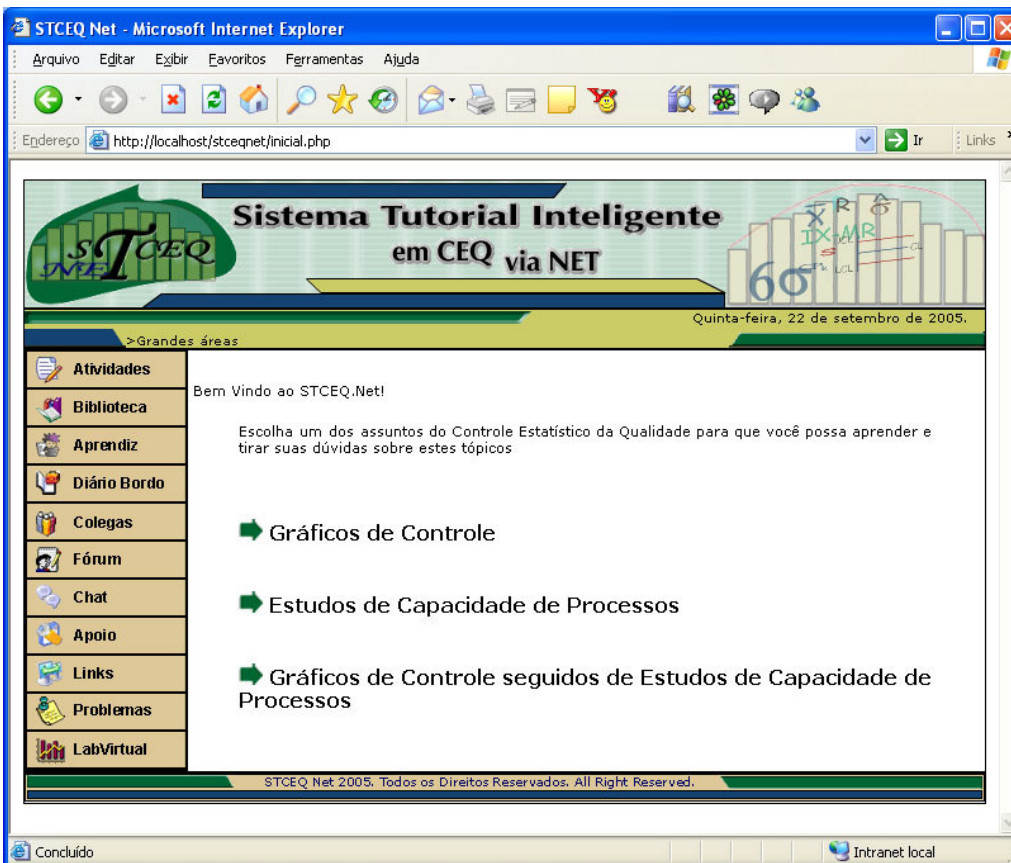


Figura 11: Página principal do STCEQ.Net.

Após a escolha por uma das grandes áreas o aprendiz entra no ambiente propriamente dito. Como já enfatizado, o ambiente é baseado em uma série de atividades relacionadas a um determinado tópico, contendo informações e sugestões para que o mesmo tire o máximo de proveito do ambiente, além do acesso a conteúdos complementares e práticas através de resolução de problemas e simulações de experimentos. Tem-se com isto um local complementar de apoio à sala de aula.

4.5 Módulos inteligentes incorporados ao ambiente

Nesta seção são apresentadas a arquitetura e as principais características do mecanismo de inteligência incorporada ao sistema. Ao se vislumbrar os elementos que compõem os agentes inteligentes é possível observar como se eles relacionam em busca de fornecer mecanismos de ajuda personalizada ao aprendiz.

4.5.1 Descrição sucinta da arquitetura dos módulos

Na Figura 12 é possível observar a arquitetura e relacionamentos dos módulos que fazem parte do recurso de agentes inteligentes.

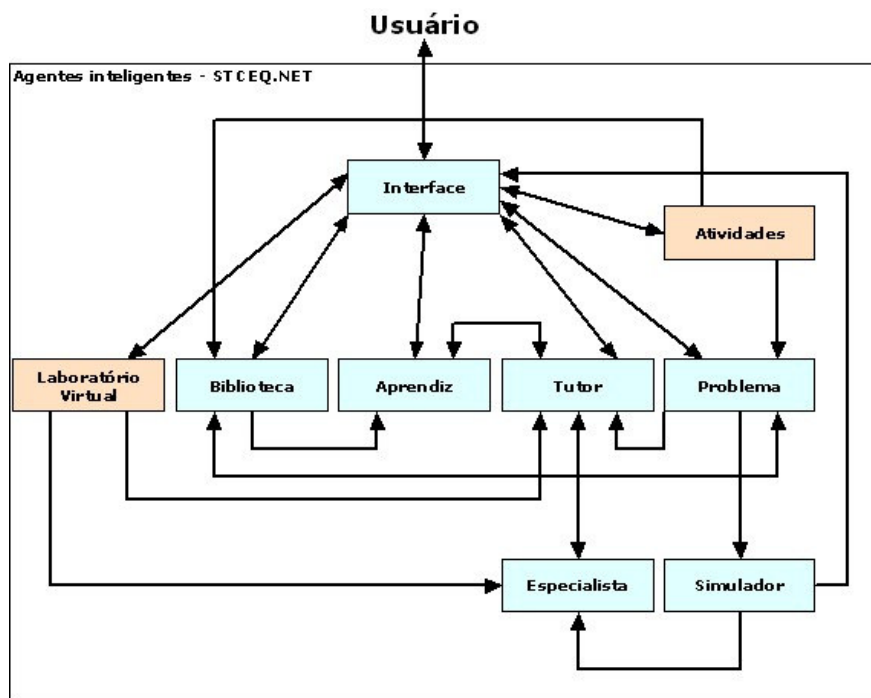


Figura 12: Arquitetura módulos dos agentes inteligentes.

Todas as interações dos aprendizes com o sistema inteligente estão sendo tratadas no Módulo *Interface*, o qual se comunica com o Módulo Tutor, que possui um agente gerador de *Log*. O agente irá armazenar a trajetória dos passos seguidos pelos aprendizes dentro do ambiente inteligente. Toda e qualquer interação que ocorra entre o aprendiz e o ambiente inteligente será armazenada pelo agente. Assim, ele funcionará como um monitor. Além disto, o Módulo Tutor fará um diagnóstico da monitoração e repassará isto para o Módulo aprendiz, o qual armazena as informações correspondentes.

O Módulo Aprendiz contém todas as informações sobre todos os usuários que já acessaram o STCEQ.Net previamente. Estas informações são armazenadas permanentemente em banco de dados, além, é claro, de existir em termos de

programação orientada a objeto uma classe que representa as ações do usuário durante a interação com o ambiente. São guardadas todas as leituras consultadas pelo usuário até o momento (de forma livre, ou ainda, por recomendação do sistema), todos os problemas resolvidos e o desempenho geral em cada tipo de problema. Após o usuário se autenticar, e iniciar a interação com o STCEQ.Net, recebe uma mensagem de boas vindas, e a partir deste momento ele pode usufruir de todos os recursos que o ambiente possui. Em se tratando dos mecanismos ligados aos agentes inteligentes, o usuário tem à sua disposição o elemento Aprendiz, onde encontrará a apresentação de um relatório, via Interface, com toda a sua trajetória prévia (em termos de recursos utilizados), os resultados obtidos em cada resolução de problemas e o seu desempenho, ou seja, todas as informações que são armazenadas para posterior consulta e avaliação. Com estas informações em mãos o usuário pode planejar adequadamente como conduzir a interação. Em se tratando do desempenho do aprendiz são levados em consideração as resoluções do problema, e também os experimentos virtuais realizados, pois estes se referem aos tipos de problemas existentes na resolução de problema.

O Módulo Biblioteca possui os textos referentes aos tópicos previstos no modelo, descritos no Capítulo 3. Os atributos referentes a este módulo, que são de uso permanente, são armazenados em banco de dados, e para sua implantação em termos de orientação a objeto trata-se de uma classe cujas instâncias são as leituras (sobre os conteúdos) previstos na atual versão. Estas leituras estão agrupadas por áreas.

O Módulo Problema contém as informações sobre os trinta e seis problemas previstos na atual versão, organizados por áreas. Entretanto, este módulo é flexível em termos de manutenção, é possível que o administrador desse sistema inclua, altere, ou ainda, exclua determinados problemas. Como já mencionados o presente trabalho tem por base o sistema STCEQ, e então, maiores informações e a lista completa dos problemas previstos é possível obter em Reis (2001, p.333). Em cada problema é apresentado um estudo de casos, e o aprendiz deve tentar resolver determinadas questões levantadas. Este módulo possui suas informações armazenadas em banco de dados para facilitar sua manutenção. Em se tratando de implementação e uso corrente da resolução de problemas, em termos de orientação a objeto trata-se de uma classe cujas instâncias são os trinta e seis problemas previstos na atual versão. As principais

informações armazenadas são: descrição resumida e a apresentação do problema, o tipo de problema, a(s) técnica(s) envolvida(s), os parâmetros necessários para gerar os resultados, e as características que auxiliarão o Módulo Especialista a resolver o problema.

O Módulo Simulador de números aleatórios gera os resultados para os problemas do STCEQ.Net, ou seja, as amostras. Este foi desenvolvido em termos de orientação a objeto como uma classe cujas instâncias são os diferentes tipos de problemas que a atual versão prevê. O seu relacionamento com os demais membros do sistema inteligente acontece via Módulo Interface (onde são representados graficamente os resultados), Módulo Especialista (utiliza dos números gerados para inferir o domínio de conhecimento), e o Módulo Problema (diz qual o tipo de instância deve ser processada). Ou seja, este simulador de números recebe informações do Módulo Problema, e através de algoritmos de geração de números pseudo-aleatórios, apresenta os resultados em forma de gráficos (Gráficos de Controle, Estudos de Capacidade de Processos) para que o usuário possa resolver o problema. Este módulo é de grande valia em termos educacionais, pois a cada nova interação surge um novo cenário de estudos, do mesmo tipo de problema (pois os resultados são diferentes), mas a diferença é que a partir desta nova interação se tem novas perspectivas, um novo domínio, uma nova análise por parte do especialista, e conseqüentemente, do próprio aprendiz.

O Módulo Especialista contém o conhecimento de CEQ do sistema. O seu desenvolvimento acontece em termos de orientação a objeto como uma classe cujas instâncias são os diferentes tipos de problemas que a atual versão prevê, onde são levadas em consideração, principalmente, as regras heurísticas necessárias para resolvê-los, ou seja, para inferir o domínio. Basicamente pode-se dizer que sua função é gerar uma resposta em cada questão, considerada correta, para o mesmo problema que o usuário escolheu resolver. Estas respostas serão usadas pelo Módulo Tutor para a comparação, para que este possa avaliar o desempenho do usuário, e fazer as recomendações pertinentes.

O conhecimento pedagógico é articulado no Módulo Tutor. Foi projetado de forma a facilitar a comunicação entre os demais agentes do sistema. Em termos de orientação a objetivo, pode-se dizer que é uma classe que contém todos os métodos

necessários para comparar as respostas do usuário e do Módulo Especialista, referentes a cada questão do problema que se está resolvendo. Após este módulo receber as informações provenientes do Módulo Aprendiz e do Módulo Especialista, e saber a que tipo de problema se está tratando, ele mostra recomendações ao usuário, com base nas diferenças encontradas entre as respostas do aprendiz e do especialista (método de sobreposição). Essas recomendações apresentadas ao usuário podem variar dependendo de suas respostas, e conseqüentemente de seu desempenho. As mensagens podem ir desde os avisos para revisar as respostas consideradas incorretas, ou mensagens de congratulações pelo êxito alcançado, ou sugestões de Leituras na Biblioteca, para tentar esclarecer as dúvidas ou equívocos do usuário, e assim, evitar os mesmos erros, dentre outras. No Módulo Tutor é onde ocorrem as análises e os cálculos sobre o desempenho em cada questão, e no problema resolvido como um todo. Logo após é emitido um parecer a respeito do desempenho do usuário naquele problema, e recomenda-se qual problema deveria ser resolvido em seguida.

O Módulo Laboratório Virtual contém experimentos virtuais a respeito de todos os tipos de problemas presentes na atual versão do STCEQ.Net. Este módulo permite que sejam gerados novos estudos de casos para cada tipo de problema a ser resolvido. A representação gráfica é gerada a partir dos parâmetros que o aprendiz repassa ao sistema, o aprendiz escolhe o tipo de problema que quer simular e coloca a situação deste problema (o texto sobre a problemática), e principalmente, a amostra a partir da qual serão processados os devidos cálculos e análises. Em se tratando de implementação e utilização dos experimentos em termos de orientação a objeto, trata-se de uma classe cujas instâncias podem referenciar a priori um número ilimitado de situações e estudos de caso. Por ser um simulador o usuário poder entrar com sua amostra, e assim, se assemelhando a um programa de análise estatística, com a diferença que aqui existem agentes inteligentes atuando para dar uma ajuda personalizada ao aprendiz. Os tipos de experimento virtual são definidos pelo tipo de problema que existe na base da dados, por exemplo, problemas de apenas gráficos de controle, XbarraR, dentre outros. Cada experimento virtual disponível referencia um determinado tipo de problema, isto é utilizado para se saber a qual contexto este experimento pertence. O Módulo Tutor para calcular e analisar o desempenho do aprendiz também leva em consideração os experimentos virtuais realizados pelo mesmo. Portanto, o processo de cálculo do

desempenho do aprendiz leva em consideração as interações com o Módulo Problema e o Módulo Laboratório Virtual. Ao usuário utilizar o Laboratório Virtual ele repassa os valores de parâmetros e a amostra ao Módulo Simulador, este faz a representação gráfica e constrói o domínio do conhecimento. A partir deste momento, as ações dos agentes inteligentes é semelhante as realizadas no Módulo Problema.

No Módulo Atividades o professor disponibiliza tarefas que o aprendiz pode realizar durante o seu processo de aprendizagem. Em se tratando de agentes inteligentes o Módulo Atividades possui um papel importante, pois o Módulo Tutor pode recomenda-las, quando necessário, ao usuário. Isso é possível porque na classe problema há referência às atividades disponíveis para cada tipo de problema. Então, após o Tutor analisar as respostas do usuário e verificar que o mesmo necessita melhorar seu conhecimento sobre determinado assunto, o mesmo recomenda as atividades relacionadas ao problema, que pode ser desde leituras na biblioteca à resolução de novos problemas, ou até mesmo, comunicação com os colegas. As atividades que podem ser recomendadas ficam armazenadas na classe problema, e quando necessário o tutor identifica que problema se está tentando resolver e disponibiliza suas atividades, de acordo com o desempenho do aprendiz.

Os Módulos Biblioteca, Problema, Laboratório Virtual, Simulador, Especialista e Tutor serão descritos pormenorizadamente em seções dentre deste mesmo Capítulo.

4.5.2 Módulo Biblioteca

O Módulo Biblioteca possui as informações necessárias para que o STCEQ.Net possa disponibilizar o conteúdo do modelo para o ensino-aprendizagem do CEQ, como previsto no Capítulo 3. Como já mencionado o usuário tem a liberdade de consultar diretamente suas instâncias (textos para leituras), ou através de recomendações feitas pelo Módulo atividade ou o Módulo Tutor.

Serão armazenados em banco de dados informações que permitirão saber quais usuários estão consultando as leituras na biblioteca, e assim, identificar quais as leituras específicas os usuário estão acessando.

A principal tarefa deste módulo é basicamente apresentar os conteúdos de CEQ previstos no modelo. Entretanto, deve-se observar que o professor pode se utilizar da área administrativa do sistema para incluir, alterar, excluir, os conteúdos no STCEQ.Net. Este recurso será extremamente útil, pois deixa o sistema flexível, podendo ser adaptado a diferentes realidades educacionais.

Pretende-se que as leituras (Tutoriais) possuam características que possam ser utilizadas pelo professor, como a inserção de conteúdos com efeitos, até mesmo figuras, animações e diagramas, isto faz com que se possa ter um ambiente mais agradável, dinâmico e motivador.

4.5.2.1 Conteúdos abordados

As leituras sobre os conteúdos (tutoriais) abordados pelo STCEQ.Net visam cobrir o conteúdo previsto no modelo descrito neste trabalho, capítulo 3. A seguir será mostrada, resumidamente, as áreas onde se concentram tais tutoriais. A lista detalhada de cada área, ou seja, conteúdos específicos e sua descrição podem ser obtidos em Reis (2001, p. 148-156). Pode-se observar tais áreas no Quadro 3, a seguir.

Quadro 3: Áreas abordadas nos Tutoriais

Número	Área
1	Conceitos da Qualidade e Gerenciamento Total da Qualidade
2	Conceitos Básicos de Controle Estatístico da Qualidade
3	Aceitação por Amostragem
4	Planejamento de Experimentos
5	Controle Estatístico de Processos e Estudos de Capacidade
6	Gráficos de Controle - Características Gerais
7	Gráficos de Controle de por Variáveis de Shewhart
8	Outros Gráficos de Controle por Variáveis
9	Gráficos de Controle por Atributos de Shewhart
10	Outros Gráficos de Controle por Atributos
11	Estudos de Capacidade de Processo

4.5.3 Módulo Problema

O Módulo Problema é onde se iniciam as ações referentes aos agentes inteligentes, pois contém as informações necessárias para que o STCEQ.Net possa processar e finalizar esta etapa da parte prática do modelo para o ensino-aprendizagem do CEQ, tal como mencionado no Capítulo 3.

Durante as interações entre o usuário e o Módulo Problema através da Interface são armazenadas algumas informações que irão permitir:

- conservar em banco de dados, no Módulo Aprendiz, quais problemas já foram resolvidos;
- poder mostrar no item Aprendiz do STCEQ.Net um relatório da trajetória prévia com a descrição resumida dos problemas que o usuário já tenha acessado;
- apresentar a descrição dos estudos de casos ao aprendiz, para que tente interpretá-los e solucioná-los, isto é, o problema propriamente dito;
- repassar as informações, por exemplo, parâmetros usados para a geração dos resultados pelo Módulo Simulador, os quais serão representados para o usuário em forma de gráficos;
- apresentação das questões do problema, e suas possíveis alternativas corretas;
- comunicação e repasse de todas as informações necessárias para que o Módulo Especialista possa elaborar as respostas às questões do problema, e para que o Módulo Tutor possa mostrar suas recomendações, sejam consultas à biblioteca, novas atividades, ou outros problemas a resolver, para que o usuário possa tentar melhorar sua compreensão acerca de CEQ.

As informações armazenadas em banco de dados referentes ao Módulo Problema, podem ser visualizadas, resumidamente, no Quadro 4. Estas informações são essenciais para a articulação dos demais módulos pelos agentes inteligentes.

Quadro 4: Informações do Módulo Problema

Informação	Descrição
idProblema	Identificador único de cada problema, uso pelo banco de dados
Título	Nome do problema. Descrição <i>problema</i> e mais o seu número seqüência. Por exemplo: “Problema1” e assim por diante
Descrição	Descrição resumida do problema usado nos relatórios.
Texto	Contém o texto por completo a ser apresentado ao Aprendiz, isto é, descreve a problemática em questão.
Subtipos	Identifica o tipo de problema (por exemplo: Gráfico de Controle, Estudos de capacidade) e o tipo específico (por exemplo: Gráfico XbarraR, Estudo de Capacidade)
Parâmetros	Todos os dados numéricos necessários para serem repassados ao Módulo Simulador para que seja feito o processo de representação gráfica através dos resultados gerados. Informações como por exemplo: média, desvio padrão, número de pontos que apresentaram desvio (estabelecido pelo professor), tipo de desvio, entre outros.
Atividades	Aqui é armazenado os tutoriais, texto para leitura associados ao problema. Atributo usado pelo Tutor para recomendar leituras quando necessário.
Questões	Identifica quais as questões que o usuário deve responder aquele tipo de problema.
Palavras Chaves	Informações sobre as condições do problema, usadas para guiar os Módulos Especialista e Tutor durante a análise das respostas do usuário. Por exemplo: “Variáveis”(gráfico de controle por variáveis), “Grandes” (grandes desvios), “Amostras” (gráficos de controle usando amostras)

4.5.3.1 Tipos de problemas

Os tipos de problemas de interpretação de resultados dividem-se basicamente nas três grandes áreas de CEQ abordadas no presente trabalho, são elas:

- apenas de Gráficos de Controle;
- apenas de Estudos de Capacidade de Processos;

- Gráficos de Controle, seguidos por outros de Estudos de Capacidade de Processos.

Na opinião de Reis (2001, p. 165), em se tratando de resolução de problemas de CEP e Estudos de Capacidade de Processos, o ideal seria resolver primeiro os problemas de apenas Gráficos de Controle, em seguida os problemas de apenas Estudos de Capacidade, por último, os problemas de Gráficos de Controle seguidos por Estudos de Capacidade.

Apesar de que se recomende que o professor, ao se utilizar do item Atividades do STCEQ.Net para recomendar tarefas de resolução de problemas, siga a ordem levantada anteriormente, o mesmo pode adotar um critério diferente, assim como o usuário possui a liberdade de escolher quais problemas e em que ordem pretende solucioná-los.

Os problemas que estão presentes no STCEQ.Net são os mesmos implementados por Reis (2001). Assim, para o atual sistema está se considerando apenas trinta e seis problemas (dezoito apenas Gráficos de Controle, seis apenas Estudos de Capacidade e doze Gráficos de controle seguidos de Estudos de Capacidade).

Entretanto, apesar do presente trabalho usar como referência o STCEQ, foi adicionada uma nova característica ao Módulo Problema. O STCEQ.Net, possibilita com certa facilidade a adição, alteração e exclusão de problemas, tais operações no STCEQ eram difíceis, pois o professor deveria dominar completamente a *Shell Kappa* (ferramenta usada para o desenvolvimento do STCEQ), e mesmo assim, uma nova adição de um problema era um processo complicado. Sendo assim, no presente trabalho existe a possibilidade de incluir outros problemas, isto é possível através da área administrativa do sistema. O professor poderá incluir, alterar ou excluir os problemas sem maiores dificuldades.

Em se tratando dos problemas previstos no modelo, é possível observar a distribuição dos problemas por tipo, a seguir:

Nos problemas de apenas Gráficos de Controle são considerados: a avaliação (variáveis ou atributos), tipo de gráfico (Gráficos de Shewhart, por exemplo, \bar{X} e R,

\bar{X} e S, X e MR, p e c; outros Gráficos, por exemplo, CUSUM para X) e o tipo de estudo naquele problema (inicial ou monitoramento);

Os problemas de Gráficos de Controle seguidos de Estudos de Capacidade de Processo são considerados a avaliação (variáveis ou atributos), tipo de gráfico (Gráficos de Shewhart, por exemplo, \bar{X} e R, \bar{X} e S, X e MR, p e c; outros Gráficos, por exemplo, CUSUM para X) e o tipo de estudo de capacidade naquele problema (por Histogramas ou por Índices).

Os conteúdos previstos no Módulo Problema foram inteiramente baseados no STCEQ, onde existem, por exemplo, problemas como:

- Problema1: técnica (Gráficos \bar{X} e R – Inicial); processo (abate de frango); característico (peso final do frango);
- Problema9: técnica (Gráficos \bar{X} e MR – Inicial); processo (produção de artigos têxteis); característico (largura da malha crua);
- Problema11: técnica (Gráficos p – Inicial); processo (abate de frango); característico (frango conforme ou não);
- Problema36: técnica (Gráficos CUSUM para c – Inicial, Estudos de capacidade por Índices); processo (produção de artigos têxteis); característico (número de defeitos na malha acabada).

Maiores detalhes sobre quais problemas estão previstos e os motivos que levaram as suas escolhas podem ser obtidos em Reis (2001, p. 166-187).

4.5.3.2. Apresentação dos problemas

Cada problema deve possuir em sua essência algumas informações básicas a serem repassada aos usuários, para que possa de fato realizar a tarefa de cada problema. Assim, cada problema deve possuir: a situação na qual está inserido; as providências tomadas para solucionar o problema encontrado; a técnica utilizada, por exemplo,

gráficos de controle Xbarra e R, analisados 25 subgrupos de 5 medidas por gráfico; justificativa para o uso da técnica; e por fim, a tarefa que o usuário deve realizar. Quando da inserção, alteração de um problema o professor deve estar atento para estas informações básicas de todo o problema, dentro do STCEQ.Net.

Quando o usuário inicia a resolução de problemas propriamente dita é preciso apresentar a situação que ele deve tentar resolver, isto é, mostrar os detalhes do problema. Com a intenção de fazer com que o usuário possa envolver-se com entusiasmo durante o processo de resolução de problemas, optou-se por apresentar o problema da seguinte forma:

- descrevendo a estrutura da empresa;
- detalhando seu processo produtivo;
- mostrando o problema da Qualidade da organização em questão;
- delegando uma tarefa que o usuário deveria realizar nesta situação do problema levantado.

Após escolher um dos problemas, são apresentados os seus detalhes e a representação gráfica dos resultados gerados. Na Figura 13 há um exemplo da apresentação prevista para os problemas.



Figura 13: Apresentação do Problema.

Logo após a apresentação, o usuário deve basicamente interpretar os resultados das técnicas implementadas, recomendar o que fazer em função deles e opinar se a(s) técnica(s) utilizada(s) é (são) apropriada(s) ou não para o problema.

4.5.3.3 Questões dos problemas

Como já mencionado ao longo deste trabalho, a resolução do problema consiste em responder questões acerca dos resultados gerados pelo Módulo Simulador, além da análise da estabilidade do processo e de sua capacidade, o que fazer em função dos resultados, e por fim se a técnica utilizada para gerar os resultados está correta.

Em se tratando da elaboração das questões, decidiu-se que elas seriam objetivas, pois facilita o entendimento e as respostas por parte dos usuários, e também, porque

sendo objetivas o processamento das respostas é simplificado, obtendo uma interpretação mais rápida por parte dos Módulos Especialista e Tutor.

Para exemplificação das questões, se pode observar a questão 1 e 2 dos problemas de apenas Gráficos de Controle, ver Quadro 5.

Quadro 5: Questões dos problemas de apenas Gráfico de Controle

Questão	Respostas	Opções
1- O processo está sobre controle estatístico?	Apenas uma opção	- Gráficos simples: Sim, Não - Gráficos duplos: Apenas no Gráfico de Tendência Central. Apenas no Gráfico de Variabilidade. Ambos. Nenhum. Gráfico de Tendência Central não avaliado porque Variabilidade fora de controle. Gráfico de Variabilidade não avaliado porque Tendência Central fora de controle.
2- Quais os Motivos para a sua decisão na questão anterior?	Múltiplas opções	-Não há <i>outliers</i> no Gráfico. -Há <i>outliers</i> no Gráfico. -Não há 7 pontos consecutivos em um dos lados do Gráfico. -Há 7 pontos consecutivos em um dos lados do Gráfico. -Os pontos parecem seguir uma normal. -Os pontos não parecem seguir uma normal. -Não há 7 pontos crescentes ou decrescentes no Gráfico. -Há 7 pontos crescentes ou decrescentes no Gráfico. -Não há estratificação. -Há estratificação. -Não há mistura. -Há mistura. -Não há mudança brusca de nível.

Fonte: (REIS, 2001, p. 181).

O número de questões propostas para o usuário varia dependendo do tipo de problema (apenas Gráficos de Controle, apenas Estudos de Capacidade, ou Gráficos de Controle seguidos de Estudos de Capacidade), entretanto, existem alguns aspectos em comum. Os problemas de apenas Gráficos de Controle possuem cinco questões, os de apenas Estudos de Capacidade de Processos há nove questões e os problemas de Gráficos de Controle seguidos por Estudos de Capacidade de Processos apresentam dez

questões. Há questões que admitem apenas uma resposta, e outras que permitem que o usuário marque diversas opções. A estrutura das questões é a mesma do STCEQ, visto que nos testes realizados com os usuários daquele sistema não foram encontrados maiores problemas a respeito.

Através das questões propostas é possível englobar os aspectos relativos à interpretação de resultados de Gráficos de Controle e Estudos de Capacidade de Processos e avaliar se o usuário está analisando corretamente os resultados. As questões usadas neste modelo são baseadas no ambiente STCEQ.

Comment [avs4]: Retirei parágrafos, resumi.

4.5.4 Módulo Laboratório Virtual

No Módulo Laboratório Virtual o usuário passa verdadeiramente a ser o centro do processo educacional, pois irá poder praticar seus conhecimentos através de um estudo de caso criado ou referenciado por ele mesmo. O usuário passa a ditar como os agentes inteligentes irão atuar, pois a amostra é gerada por ele e não mais pelo Módulo simulador.

De certa forma, pode-se fazer uma analogia com os softwares de análise estatística, onde o usuário fornece as informações e visualiza a representação gráfica. Mas aqui a diferença é que além da representação gráfica, existem agentes inteligentes atuando de forma semelhante ao Módulo Problema, para ajudar o aprendiz durante a tentativa de resolução do problema de CEQ, criado a partir de seu próprio estudo de caso. Sendo assim, o usuário define o problema e seus resultados que são inferidos pelo Módulo Especialista e Módulo Tutor.

Após o usuário fornecer as informações sobre o problema o processamento para geração das questões e as inferências feitas pelo Especialista e Tutor funcionam da mesma forma quando acionados pelo Módulo Problema. Sendo assim, o desempenho do usuário nos experimentos virtuais também é levado em consideração pelo Módulo Aprendiz.

As informações da classe do Módulo Laboratório Virtual, podem ser visualizadas, resumidamente, no Quadro 6. Estas informações são essenciais para a articulação dos demais módulos pelos agentes inteligentes.

Quadro 6: Informações do Módulo Laboratório Virtual

Informação	Descrição
Descrição	Descrição resumida do problema usado nos relatórios.
Texto	Contém o texto por completo a ser apresentado. Descreve a problemática em questão.
Subtipos	Identifica o tipo de problema (por exemplo: Gráfico de Controle, Estudos de capacidade) e o tipo específico (por exemplo: Gráfico XbarraR, Estudo de Capacidade)
Parâmetros	Dados numéricos necessários para a representação gráfica e geração dos resultados a serem analisados pelos agentes, por exemplo, tamanho da amostra e o número de subgrupo.
Amostra	Resultados numéricos referentes ao problema em questão, amostra a ser analisada.
Problema	A qual problema os Módulos Tutor e Especialista podem se basear para fazer as inferências

É possível visualizar o Laboratório Virtual no STCEQ.Net na Figura 14.

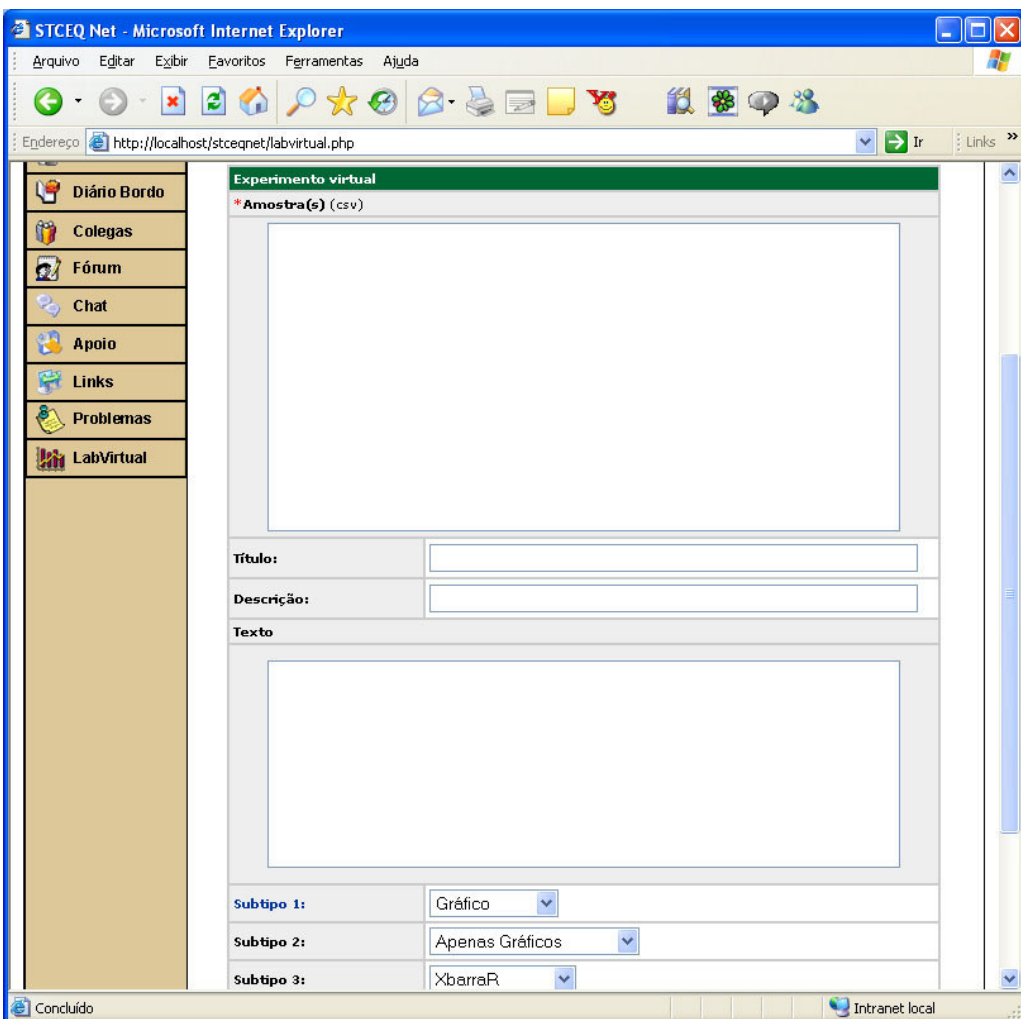


Figura 14: Laboratório Virtual.

4.5.5 Módulo Simulador

O Módulo Simulador destina-se a gerar os resultados que serão mostrados ao usuário, ao iniciar a resolução dos problemas. Estas amostras ou resultados para cada problema que o usuário tente resolver serão construídos a partir das informações contidas na instância do problema escolhido.

O simulador de números aleatórios no contexto de ambiente educacional é de grande utilidade, pois a cada nova iteração se tem um novo cenário de estudo, do mesmo tipo de problema. Assim, se tem um ambiente dinâmico que oferece ilimitadas

situações sobre o mesmo contexto de estudo. Desta forma, o aprendiz pode motivar-se ainda mais, pois deixa de utilizar de um ambiente totalmente estático e passa a um sistema educacional ativo com múltiplas conjunturas.

De acordo com Reis (2001, p. 187), a utilização de um gerador de números aleatórios possui algumas vantagens:

- o conjunto de resultados gerados pertence a cada usuário que resolver o problema, isto é, cada um possui seu próprio conjunto de dados. Assim, é retirada a possibilidade de memorização do domínio de cada estudo de casos apresentado, pois o usuário tem que realmente analisar cada nova interação para responder as questões. Por exemplo, mesmo que esteja prevista a ocorrência de um desvio nos resultados, a flutuação aleatória pode fazer com que isso não ocorra, ou vice-versa;
- caso o mesmo usuário venha a resolver o mesmo problema mais de uma vez, terá resultados diferentes para analisar, forçando-o a realmente interpretar tais resultados. Outro motivo para se acreditar nesta aleatoriedade está na forma da geração dos números, pois é levado em consideração o instante, em *milisegundos*, que o usuário interagiu.

Segundo Reis (2001, p.187), a aleatoriedade dos resultados também contribui para familiarização com as situações reais de emprego do CEQ, onde as flutuações existem e os dados nem sempre comportam-se da maneira *ordenada* descrita em alguns livros e manuais.

4.5.5.1 Gerador de números aleatórios

Para que fosse possível construir os resultados das técnicas previstas neste trabalho foi preciso simular a geração de dados para aquelas técnicas tal como ocorreria em uma situação real. Algumas técnicas pressupõem que os dados sigam alguma distribuição de probabilidades, por exemplo, o Gráfico de Controle p pressupõe que o número de itens defeituosos segue uma distribuição binomial. Desta forma, para cada

tipo de técnica, os dados são gerados a partir de diferentes distribuições de probabilidade.

Para a definição do Módulo Simulador propriamente dito foram desenvolvidos algoritmos para geração de números aleatórios a partir de diversas distribuições de probabilidade. Para a geração dos números aleatórios neste trabalho foram consideradas as principais distribuições de probabilidades com aplicação em CEQ: Uniforme, Normal, Bernoulli, Binomial e Poisson.

O Módulo Simulador STCEQ.Net foi desenvolvido em PHP, que tem um gerador de números aleatórios bastante utilizado pela comunidade de programadores, utiliza-se do algoritmo de *Mersenne Twister*. Para a geração dos números aleatórios no STCEQ.Net foram considerados números inteiros entre 1 e 32767, mas para fazer com que este recurso se torne ainda mais confiável, foi levado em consideração o *milisegundo* ao qual o procedimento de geração era ativado e o cálculo para transformar os números inteiros em decimais (subtrações e divisões), desta forma se tem uma garantia maior de aleatoriedade dos números.

4.5.5.2 Apresentação dos resultados na Interface

O conjunto de resultados gerados por este módulo é apresentado ao usuário através da Interface, com representação de gráficos de Controle, ou ainda os resultados dos Estudos de Capacidade de Processo.

De forma genérica, é possível dizer que os Gráficos de Controle são apresentados em formato usual, possuindo um histograma das estatísticas associadas a cada gráfico.

A representação gráfica é um recurso extremamente importante para que o usuário possa identificar os resultados gerados, naquele instante, e para aquele problema, e assim, poder fazer suas análises e interpretações, e então, responder as questões levantadas.

Na Figura 15 é possível visualizar um exemplo dos resultados para Gráficos de Controle de Xbarra e R. Pode-se observar os limites superiores (linha da cor vermelha), limites inferiores (linha da cor laranja) linha central (verde) em cada gráfico de controle, o que é muito importante para a análise dos resultados, e também se observa os histogramas referentes a cada gráfico de controle.

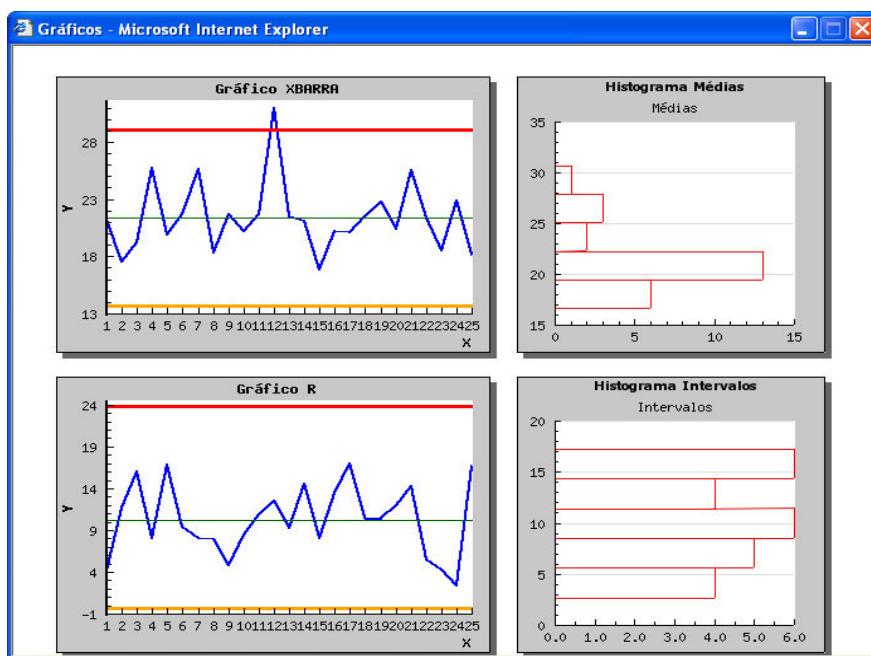


Figura 15: Representação Gráfica dos resultados gerados.

4.5.6 Módulo Especialista

O Módulo Especialista tem a função de se comunicar com o Módulo Tutor e lhe apresentar as respostas consideradas corretas sobre as questões que o usuário respondeu. Também se comunica com o Módulo simulador para inferir o domínio do conhecimento, usando para isto os resultados gerados pelo Módulo Simulador e as informações provenientes da instância do problema escolhido pelo usuário. No caso dos experimentos virtuais, os resultados são baseados nos parâmetros informados pelo usuário. Com isto o Tutor poderá ter os subsídios para diagnosticar como foi o desempenho do usuário e recomendar atividades, Leituras na Biblioteca, ou ainda outros problemas a serem resolvidos.

Para o projeto de modelagem e desenvolvimento do Módulo Especialista baseou-se no modo como o STCEQ trata este aspecto dentro do sistema inteligente.

É feito um tratamento específico para cada tipo de problema, isto é, existem métodos específicos para cada tipo: apenas Gráficos de Controle, apenas Estudos de Capacidade de Processos, e Gráficos de Controle seguidos de Estudos de Capacidade de Processos.

4.5.6.1 Especialista para cada tipo de problema

No caso dos problemas de Apenas Gráficos de Controle o especialista basicamente tenta identificar padrões não aleatórios nos Gráficos de Controle, que poderiam indicar a presença de causas assinaláveis, significando que o processo está fora de controle estatístico. Caso estes padrões não forem encontrados, e não se suspeitar da existência de causas assinaláveis, o processo pode ser considerado sob controle estatístico, e então, estável. Assim, seu comportamento pode ser previsto usando métodos probabilísticos.

De acordo com Reis (2001, p. 201), para que os agentes inteligentes possam atuar durante este processo de inferência do conhecimento das questões de CEQ, é necessário identificar se os padrões não aleatórios estão ou não presentes no Gráfico de Controle. Desta forma, é preciso definir algum tipo de método de reconhecimento de padrões em Gráficos de Controle, para que o Especialista possa opinar sobre o processo. Dentre os (regras heurísticas, métodos sintáticos e redes neurais) tipos de métodos para a definição dos padrões se escolheu pelas regras heurísticas.

Os motivos para a adoção das regras heurísticas são:

- apresentam um sucesso razoável ao longo de quarenta anos de uso;
- possuem uma grande facilidade de uso, e não exigem algoritmos muito complexo;

- são simples e seu funcionamento é de fácil compreensão, inclusive pelo pessoal de chão de fábrica.

As regras utilizadas para a identificação de padrões em Gráficos de Controle são: *Outliers*: 7 pontos acima, 7 pontos baixo, 7 pontos crescentes ou 7 pontos decrescente, Estratificação, Mistura, Mudança brusca de nível e Normalidade.

Para exemplificar estas regras e seu funcionamento são citados alguns exemplos de forma completa (descrição, justificativa e gráfico). A regra *Outliers* verifica se os pontos estão acima ou abaixo dos limites de controle do processo. É a regra aonde é possível a maior aplicação, inclusive sugerida pelo próprio Shewhart e sua aplicação é feito para todos os Gráficos. A Regra Mistura verifica se mais de 45% dos pontos estão a mais de dois desvios padrões da linha central do gráfico. Maiores informações sobre as demais regras e seu funcionamento podem ser obtidos em Reis (2001, p. 203) e Western Electric (1956).

No caso dos problemas de Apenas Estudos de Capacidade, basicamente o Módulo Especialista analisa os resultados obtidos dos Estudos de Capacidade, e juntamente com os parâmetros definidos na classe problema, palavras chaves, tenta responder as questões relacionadas. Como já mencionado os estudos de Capacidade são: por histograma, por Índices de capacidade e sistema de medição.

Uma tarefa muito importante para o Módulo Especialista é avaliar se o processo está sob controle estatístico, tal condição é crucial para a realização dos Estudos de Capacidade. Neste tipo de problema não existem Gráficos de Controle para o Característico, e então, as informações sobre a estabilidade do processo estão colocadas na classe do problema, e são repassadas para o Especialista através das palavras-chave. Outro ponto importante que é informado ao usuário durante a apresentação do problema é a situação do processo. Maiores informações sobre as respostas do especialista para os Estudos de Capacidade de Processo e seu funcionamento podem ser obtidos em Reis (2001, p. 212).

No caso dos problemas de Gráficos de Controle seguidos de Estudos de Capacidade de Processos o especialista basicamente se utiliza dos métodos utilizados

nos tipos problemas anteriores, pois as primeiras cinco questões dos problemas de Gráficos de Controle seguidos de Estudos de Capacidade de Processos são iguais às apresentadas nos problemas de apenas Gráficos de Controle. As próximas três questões são iguais às apresentadas para cada tipo de Estudo nos problemas de apenas Estudos de Capacidade de Processos. Entretanto, para as demais questões (6, 7 e 8) existem métodos específicos, devido as suas peculiaridades. Maiores informações sobre as respostas do Especialista para Gráficos de Controle seguidos de Estudos de Capacidade de Processos e seu funcionamento podem ser obtidos em Reis (2001, p. 220-231). As questões serão melhor detalhadas na seção 4.5.3.3.

Em se tratando de um melhor entendimento dos fluxos de decisões utilizados no Módulo Especialista pode-se visualizar um exemplo no Anexo 1, Questões 1 e 2 de problemas de apenas Estudos de Capacidade de Processos.

4.5.7 Módulo Tutor

O Módulo Tutor é basicamente onde ocorre o tratamento da parte pedagógica dos agentes inteligentes aqui propostos.

De acordo com Pozo (1996), ao se observar a terminologia de Sistemas Tutores Inteligentes o sistema aqui proposto poderia ser categorizado como um sistema especialista definido por sobreposição, o Módulo Tutor compara as respostas do Módulo Especialista com as do usuário e atua quando há diferenças.

Neste âmbito e tomando como base os conceitos de classificação de sistemas especialistas quanto às características do seu funcionamento defendidos por Fávero e Santos (2005), se pode classificar este sistema inteligente como:

- instrução: verifica e corrige o comportamento do aprendiz dos aprendizes. É basicamente, um sistema de diagnóstico e de reparo. Estes sistemas interagem com o aprendiz, em alguns casos apresentando uma pequena explicação e, a partir daí, ir sugerindo situações para serem analisadas;

- diagnósticos: são sistemas que têm o objetivo de deterem falhas vindas da interpretação de dados. A análise dessas falhas pode levar à considerações diferentes da simples interpretação de dados.

4.5.7.1 Características Gerais do Tutor

No elemento agentes inteligentes do STCEQ.Net, o Módulo Tutor tem sua atuação basicamente na resolução de problemas ou na simulação de um experimento virtual do Laboratório Virtual.

Um de seus objetivos principais é o acompanhando das respostas do usuário a cada questão ou grupo de questões. Para que o usuário possa prosseguir respondendo as questões é necessário corrigir as respostas que estiverem incorretas, caso isto ocorra é recomendável que o mesmo acompanhe a avaliação de seu desempenho.

Sobre os métodos utilizados por este Módulo é possível notar que a cada resposta incorreta ocorre uma redução de dez por cento (10%) no desempenho na questão, e caso o usuário chegar a nove repetições, recomenda-se que inicie novamente a resolução do problema ou o experimento virtual.

Quando o usuário responde as questões através do Módulo Interface, este repassa as respostas ao Módulo Tutor, que por sua vez irá fazer a comparação entre estas respostas e as do Especialista. Caso houver diferença, é apresentada ao usuário uma mensagem apropriada a respeito das possíveis diferenças encontradas. A partir disto, espera-se que estes avisos permitam que o usuário tome consciência e corrija seus erros.

Entretanto, no caso de acertar todas as questões, é oferecida uma mensagem de congratulações pelo êxito alcançado, e assim, o usuário pode continuar a responder as demais questões do problema. Para não irritar o usuário com mensagens do tipo caixa de texto, (como é feito no STCEQ, onde se houver mais de uma mensagem o usuário é obrigado a ficar dando inúmeros comandos para poder prosseguir com o uso do sistema) todas as mensagens são apresentadas de forma direta e de uma única vez, evitando

comandos desnecessários, o que normalmente é alvo de indignação por parte dos aprendizes.

Existe uma hierarquia para a transmissão de mensagens. Primeiramente são mostrados os alertas sobre os erros mais grosseiros (por falta de atenção). Posteriormente são mostradas as respostas sobre os erros mais sutis, que o usuário pode ter maior dificuldade de perceber. Por exemplo, o usuário identificou corretamente pelos Índices de Capacidade, que o processo não está centrado no valor nominal, mas não recomenda que sejam buscadas as causas de tal comportamento.

Durante o processo de avaliação por parte do Tutor, ele leva em consideração também as respostas incompletas do usuário (somente nas questões de múltipla escolha). Isto ocorre nas questões de diagnóstico sobre a estabilidade do processo, capacidade do processo e se as técnicas usadas são adequadas. Por exemplo, no caso do usuário não marcar todas as opções ditas corretas pelo Especialista, mas também não incluir nenhuma opção incorreta seu diagnóstico poderá ser considerado aceitável. O diagnóstico incompleto como aceitável acarreta uma redução de apenas 5% no seu desempenho. Entretanto, esta consideração só é válida quando a resposta for negativa, por exemplo, há três indícios de que o processo está fora de controle estatístico, mas o usuário aponta apenas um. Isto é incompleto, mas é aceitável.

Observando os aspectos do construtivismo, o Módulo Tutor não indica diretamente que o usuário errou, procurando fazer com que ele perceba onde está seu equívoco e corrija suas respostas.

Entretanto, o STCEQ.Net, visando refinar os problemas encontrados no seu sistema base (STCEQ, onde os usuários reclamavam que as mensagens eram muito vagas, o que não os ajudava realmente a encontrar os erros), definiu um sistema de mensagens, ver Figura 16.

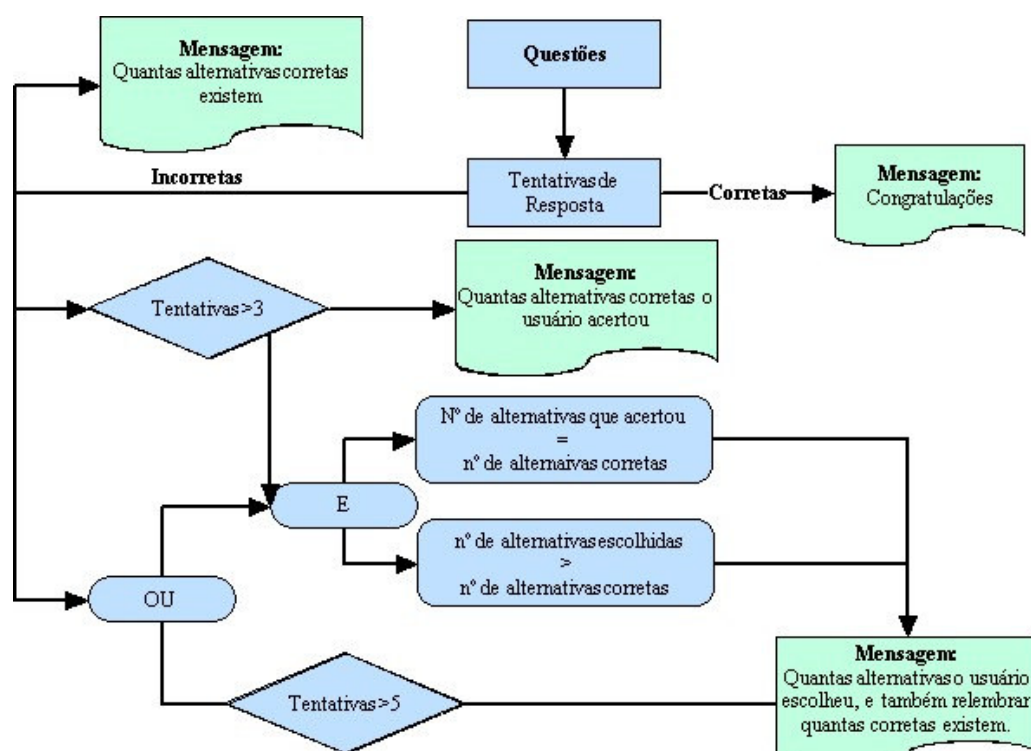


Figura 16: Fluxo de decisão para as tentativas de respostas.

Logo após não ter tido sucesso na tentativa de resposta em cada questão, é mostrada, a cada nova repetição, uma mensagem dizendo quantas alternativas existem corretas naquela questão. No caso do número de tentativas for maior do que três é apresentada a quantidade de alternativas corretas que o usuário escolheu. É possível que o mesmo número de alternativas corretas seja igual ao número de alternativas que o usuário acertou, ou seja, marcou todas as alternativas consideradas corretas. No entanto, ele pode ter escolhido, por exemplo, quatro alternativas e existem três corretas, assim marcou uma alternativa que não deveria. Para evitar este tipo de equívoco o sistema identifica a possibilidade desta ocorrência. No caso de existir tal possibilidade de engano e o número de tentativas de respostas for maior que três, ou ainda se o usuário está tentando responder à mesma questão por mais de cinco vezes é mostrada uma mensagem dizendo quantas alternativas escolheu e lembrando o número de alternativas consideradas corretas. A implementação em código fonte do controle sobre as tentativas de resposta e as mensagens que são repassadas aos aprendizes podem ser visualizadas no apêndice 1.

Existem diferenças nos procedimentos adotados para cada tipo de problema, mas como já foi mencionado, o tutor basicamente procura identificar se há diferença entre as respostas do usuário e do Especialista e qual a extensão destas diferenças. Para exemplificar o uso e implementação do Módulo Tutor pode-se observar no Apêndice 2 trechos de códigos utilizados para o desenvolvimento deste módulo. Onde também é possível ver como se dá o controle de erros e o controle das diferentes técnicas de CEQ dentro do Módulo Tutor.

Assim que o usuário terminar de responder todas as questões referentes ao problema corrente, e suas respostas tenham obtido sucesso, são apresentados alguns relatórios sobre o desempenho do usuário e são feitas algumas recomendações, se necessário. Nesta fase o Tutor obtém a média final do usuário, que é utilizada para mostrar o resultado em um relatório, e também para recomendar quais atividades ou tutoriais associados ao problema em questão devem ser consultados. Existe um relatório que mostra o desempenho do usuário em cada tipo de problema, também indica quantos problemas foram resolvidos em cada tipo. Com isto, o usuário tem uma noção de como está indo seu desempenho em cada tipo de problema. O relatório final apresenta um diagnóstico geral para mostrar quais problemas deveriam ser resolvidos em seguida.

4.6 Administração do ambiente

A área administrativa foi criada com o intuito de facilitar a manutenção dos principais elementos controlados pelo professor. Neste sistema é possível adicionar, alterar e excluir registros referentes a tais elementos.

Através deste mecanismo, o ambiente fica flexível, podendo ser alterado para se adaptar a públicos diferentes, se necessário. Outra vantagem é que um sistema distribuído através de sua área administrativa é de grande valia, em termos de engenharia de software, pois facilita e simplifica toda e qualquer manutenção no ambiente educacional, além de se evitar equívocos e obter garantia de segurança. Quando ocorrer uma pequena alteração no ambiente, por exemplo, não é necessário entrar em contato com cada um dos usuários e pedir para que se reinstalem ou alterem

alguma configuração, evitando importunar o usuário. Na Figura 17 é possível visualizar a área administrativa, no caso Manutenção de Problemas.

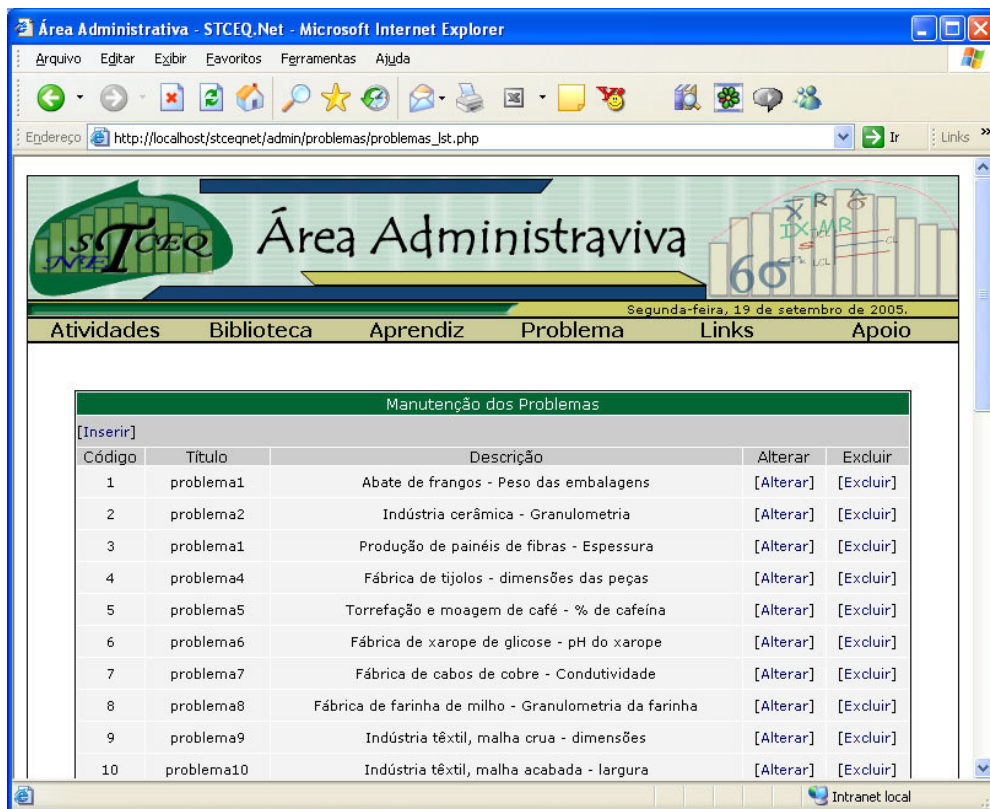


Figura 17: Área Administrativa.

4.7 Monitoração dos aprendizes

No presente ambiente educacional, pode-se dizer que existem duas formas de acompanhamento do aprendiz: a executada pelos agentes inteligentes, que procura dar um auxílio personalizado durante o processo de aprendizagem, principalmente quando se trata da resolução de problemas e dos experimentos virtuais; e a executada pelo agente gerador de *Log*, que procura saber o que o aprendiz faz durante o seu processo de aprendizagem no sistema. O acompanhamento inteligente, com recomendações, feita pelos agentes inteligentes, como já foi discutido na seção 4.6. Esta seção será especialmente dedicada à segunda forma de monitoramento, o agente gerador de *Log*.

Segundo Hopper (1998), o acompanhamento do aprendizado do aprendiz em um curso à distância não é uma tarefa trivial, pois envolve as teorias pedagógicas sobre as quais os professores estruturam seus cursos, e questões tecnológicas, como autenticação e rastreamento do aprendiz e apoio à tomada de decisão por parte do professor, mediante situações problemáticas na dinâmica de ensino-aprendizagem.

De acordo com Silva e Vieira (2001), na grande maioria dos ambientes computacionais distribuídos, de EAD, que realizam algum tipo de acompanhamento do aprendiz, a observação é realizada através de um monitoramento das interações do aprendiz com o ambiente.

De acordo com Santos (2002), as informações de cada aprendiz no contexto de seu acompanhamento devem abranger todas as páginas visitadas, e assim, saber-se-ão quais atividades foram executadas pelo aprendiz. Com estas informações em mãos o professor poderá, a partir das navegações de cada aprendiz e o tempo dedicado a cada tarefa, selecionar os conteúdos, simulações, leituras e atividades que devem ser melhorados, caso detecte falhas no desempenho.

De acordo com Pimentel, França e Omar (2003), a utilização de meios que venham a considerar a heterogeneidade dos aprendizes é um mecanismo extremamente importante para se tentar resgatar os aprendizes condenados à não-aprendizagem e ao fracasso profissional.

A monitoração então visa auxiliar o professor a definir uma estratégia mais adequada para aumentar o desempenho do aprendiz na disciplina, e também tentar melhorar a motivação e o aprendizado do aprendiz. O modelo de monitoração através da geração de *Log* foi desenvolvido para que se possam coletar os dados da navegação para posterior análise, conforme ilustra a Figura 18.

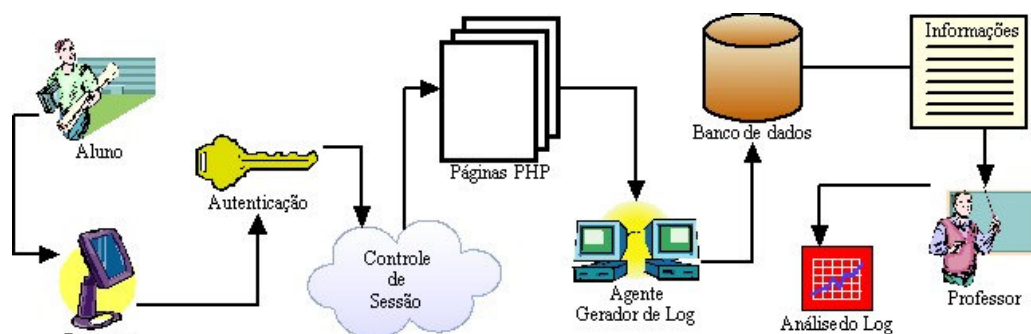


Figura 18: Modelo de Monitoração.

O aprendiz acessa o ambiente através de um navegador pela *Web*. Ao tentar entrar no ambiente é solicitado ao usuário que se autentique. Caso a autenticação tenha sucesso, é criada uma sessão. Enquanto o aprendiz estiver navegando pelo ambiente o agente registra o *log* com todos os caminhos percorridos pelo aprendiz e o tempo de permanência em cada página. Logo após a geração do *log*, o educador pode efetuar a análise do *log*. Na análise do *log* o professor poderá saber de cada aprendiz, o total de acessos, total de páginas visitadas por módulo, caminho percorrido durante cada visita, tempo de duração da visita, tempo de permanência em cada página, dentre outros.

Através de um sistema educacional, é possível capturar algumas características do aprendiz, à distância, e analisá-las de uma maneira análoga ao comportamento de um aprendiz de um curso presencial. O grau de interesse, a participação e o comportamento social, podem ser vistos pela percepção tecnológica, utilizando a priori, somente as interações do aprendiz com o ambiente de ensino-aprendizagem.

4.7.1 Autenticação

A autenticação no ambiente tem três objetivos básicos:

- deixar autenticar-se no ambiente somente pessoas autorizadas;
- permitir diferenciar cada aprendiz para poder disponibilizar um processo individualizado de ensino-aprendizagem;

- poder fazer uma análise dos *logs* gerados pelas interações dos aprendizes posteriormente.

Nos ambientes educacionais que tentam dar um foco individualizado aos aprendizes é extremamente importante à autenticação, pois este recurso é necessário para se conseguir executar os procedimentos de avaliação, análise do comportamento do aprendiz e análise do seu desempenho.

Na primeira página do ambiente, como pode ser visto na Figura 19, é solicitado para que o aprendiz digite seu *username* e senha, assim poderá entrar no ambiente propriamente dito.

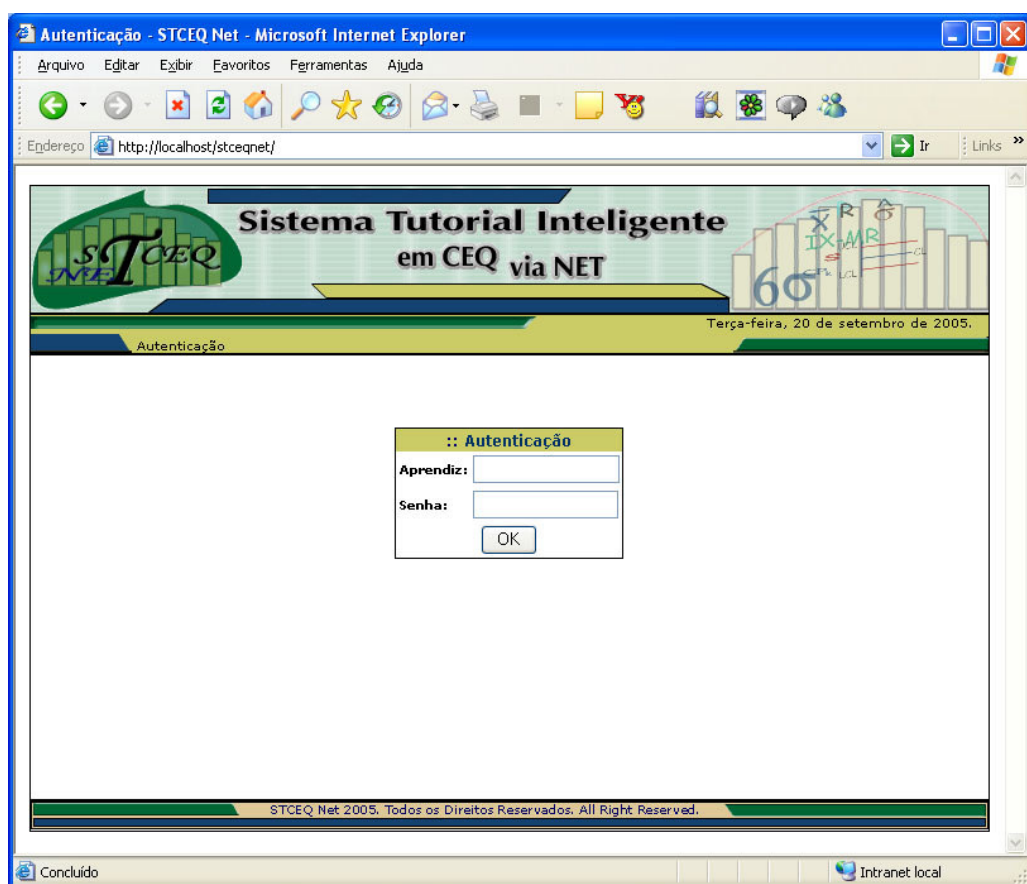


Figura 19: Tela inicial do ambiente – Autenticação do usuário.

É importante notar que a autenticação leva em consideração uma base de dados. Nesta base existe uma tabela com os dados pessoais do usuário como, por exemplo:

número serial, matrícula, nome, dentre outros. Esta tabela é usada para limitar o acesso ao *site* e usada pelos agentes inteligentes para armazenar informações sobre o usuário, como já mencionado ao longo deste trabalho. Sendo assim, esta base existe porque é necessário saber quem é o usuário que está fazendo as interações no ambiente, para que os agentes inteligentes possam atuar. Caso o ambiente pudesse ser acessado por qualquer pessoa, prejudicaria a análise dos *logs* pelo professor, e o processo dos métodos pelos agentes inteligentes. Então, para efetivar estes problemas foi criada a autenticação.

4.7.2 Geração de Log

O entendimento de como o agente de geração de *log* funciona passa pela definição e detalhamento do que é sessão em páginas Web. Uma sessão pode ser definida como um conjunto de páginas acessadas pelo usuário enquanto seu *browser* permanecer aberto. O controle de sessões em PHP é basicamente uma forma de armazenar certas informações através de acessos subsequentes. Por exemplo, se uma pessoa está acessando um site que é determinado por uma única Identificação, este é chamado ID de sessão. Quando o aprendiz visita o site ele vai receber um ID único. Esse ID é armazenado em um *cookie* ou enviado via URL. Sessão em PHP é um método muito útil facilitar o gerenciamento de usuários em um *WebSite*.

No presente trabalho foi criado um *script* de controle de sessão, onde a inicialização ocorre na autenticação do usuário, e assim, registrada as variáveis pertinentes (usuário e número serial). Esta é usada para que durante a navegação do usuário pelo ambiente seja possível identificá-lo e conseqüentemente gerar o *log* individual de cada aprendiz.

Pode-se definir geração do *log* como um processo que registra na base de dados as interações que os aprendizes produzem no ambiente, enquanto navegam pelas páginas do *site*. O *log* funciona de maneira generalizada, isto é, é único e grava seqüencialmente todos os acessos, e então se nota que o seu funcionamento é semelhante, em parte, ao *log* de um servidor *Web*, mas ele possui a vantagem de

identificar os aprendizes, pois os dados gerados são armazenados na base de dados, exclusiva do ambiente. Desta forma, é feito o mapeamento ou rastreamento do usuário, sabendo-se quais as páginas visitadas e o tempo de permanência em cada uma.

Para o armazenamento dos dados relativos aos acessos foi construída uma tabela (*log*). Esta tabela possui os seguintes atributos:

- Serial: código sequencial de cada acesso gerado por todos os usuários;
- ID do aprendiz: identificador do aprendiz que está realizando o acesso;
- ID da *sessão*: identificação da *sessão*. Usado somente para que se possa, a qualquer momento, saber qual a *sessão* que o usuário gerou. Pode ser usado para verificação do *log*, isto é, pode-se saber que a cada acesso está sendo gerada realmente uma *sessão*;
- Página anterior: página anterior que o aprendiz estava acessado;
- Página Atual: página que está sendo acessada, página corrente;
- Próxima Página: página para a qual o aprendiz foi quando saiu da página atual;
- Data e Hora Inicial: data e hora em que a página foi acessada;
- Data e Hora Final: data em que o aprendiz saiu da página atual;

Na definição do agente gerador de *Log* foram construídos dois arquivos auxiliares. Um destes arquivos controla a *sessão* e o outro é que efetua a coleta e armazenagem dos dados pertinentes ao *log*. Os arquivos auxiliares são: *ver_sessão.php* e *log_user.php*.

O *script* do arquivo da *sessão* serve para controlar o acesso ao ambiente. É usado em todas as páginas com exceção da página de autenticação. Basicamente, é testado se existe registro das variáveis usuário e ID do usuário.

Estes arquivos são usados para que se possa evitar que qualquer pessoa consiga entrar no ambiente sabendo o *link* de uma das páginas do ambiente. Caso qualquer pessoa que conheça o *site* tente entrar diretamente digitando o endereço de uma página do ambiente, o endereço vai ser direcionado para a tela de autenticação, pois as variáveis de sessão não estão registradas. Este controle é usado para a segurança do ambiente. Entretanto, a principal função desse arquivo de sessão é para que todos os aprendizes, ao visitarem as páginas, gerem logs.

O *script* do arquivo de *log* do usuário serve para que se possa de fato gravar os acessos feitos pelos aprendizes. No código deste script, é construído um método de monitoramento, pois será chamada somente quando estiver no momento correto para tal. Primeiramente, o método faz um teste para saber se a página visitada anteriormente pelo usuário é diferente da página corrente. Se for o caso, a função vai gerar o log, senão o log não precisa ser gerado, pois o usuário apenas mandou atualizar a página.

O algoritmo funciona em duas etapas: a primeira grava informações da página que está sendo acessada, e a segunda grava as informações da página anterior. O *script* seleciona os dados necessários para inserir o *log* (ID do usuário, ID da sessão, página corrente, página anterior, data de início, hora de início), após ocorrer à inserção de fato. É capturado o número serial do *log* que acabou de ser inserido para que possa ser usado na próxima página. No decorrer é armazenada a variável que indica a página para a qual o aprendiz foi quando saiu da página atual. Então é atualizado o acesso gerado anteriormente com os demais dados da tabela (data de saída, hora de saída, próxima página), para que este processo possa ocorrer é usada a variável que indica qual é o número serial que foi gerado anteriormente pela tabela de *log*.

Para exemplificar, é possível observar, no exemplo a seguir, o acesso do aprendiz, identificado pelo código 1, ao ambiente. Por motivos de simplicidade, no exemplo, não é mostrado o ID da sessão, data inicial e data final.

Quadro 7: Autenticação

Serial	Aprendiz	Página anterior	Página atual	Próxima Página	Data/ Hora inicial	Data/ Hora Final

Quadro 8: Ir para 1ª página

Serial	Aprendiz	Página anterior	Página atual	Próxima Página	Data/ Hora inicial	Data/ Hora Final
1	1	autenticação	página1		8:00	

Quadro 9: Ir para a 2ª página.

Serial	Aprendiz	Página anterior	Página atual	Próxima Página	Data/ Hora inicial	Data/ Hora Final
1	1	autenticação	página1	página2	8:00	8:01
2	1	página1	página2		8:01	

Quadro 10: Ir para a 3ª página.

Serial	Aprendiz	Página anterior	Página atual	Próxima Página	Data/ Hora inicial	Data/ Hora Final
1	1	autenticação	página1	página2	8:00	8:01
2	1	página1	página2	página3	8:01	8:02
3	1	página2	página3		8:02	

Em cada página do ambiente são inseridas referências para os arquivos auxiliares (*sessão* e *log*), com exceção da autenticação.

Portanto, através do monitoramento do aprendiz é possível de forma simplificada e objetiva gerar o *log* das interações feitas pelos participantes no ambiente. Desta forma, através do Agente Gerador de *Log* o professor terá um retorno de como o sistema anda sendo usado e poderá analisar as interações e adotar estratégias mais adequadas para o processo de ensino-aprendizagem.

4.8 Exemplo de interação no ambiente

A interação com o STCEQ.Net é iniciada através da página de autenticação, como vista na Figura 18. Após o usuário autenticar-se, o sistema lhe apresenta uma página com as grandes áreas de CEQ, e também os *menus* do sistema, como já mencionado ao longo deste trabalho.

Caso o aprendiz escolha aprender sobre Gráficos de Controle (uma das áreas de CEQ) é apresentada uma breve descrição do que são Gráficos de Controle, ver Figura 20. Logo em seguida, o usuário pode realizar algumas atividades a respeito deste tema, que se encontram na parte inferior da página, ou ainda escolher outro recurso do ambiente.



Figura 20: Menu de Atividades sobre Gráficos de Controle.

Outra característica neste ambiente de ensino-aprendizagem, é que a partir deste momento, depois da página principal, o aprendiz tem a possibilidade de retornar à página anteriormente visitada, podendo navegar tanto para às próximas páginas ou voltar quando lhe convier.

Caso o aprendiz, após ver a descrição básica de Gráfico de Controle, resolva realizar a atividade1 conforme proposto pelo sistema, será direcionado a uma nova página que contém a descrição da tarefa a ser realiza, como pode visto na Figura 21.

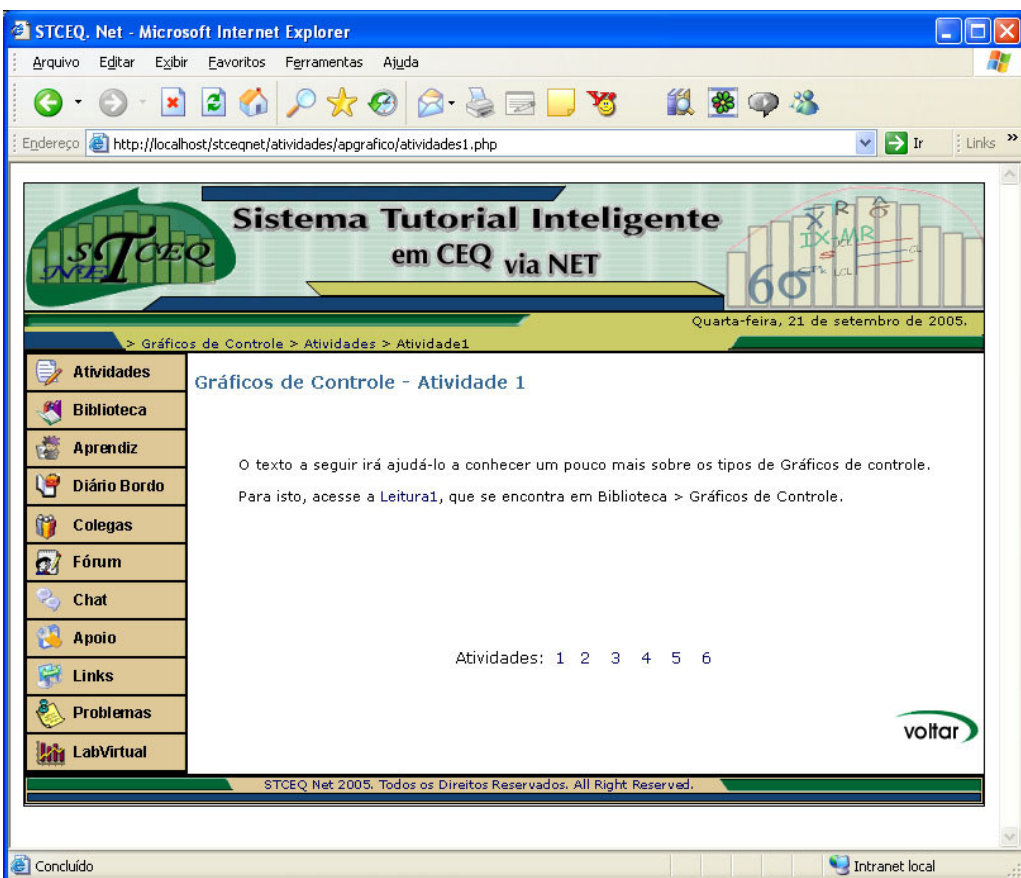


Figura 21: Exemplo da Atividade 1, Gráficos de Controle.

Como já foi citado durante este trabalho, o aprendiz tem a liberdade de escolher qual dos recursos irá utilizar. Caso o aprendiz queira praticar seus conhecimentos adquiridos até o momento, pode se utilizar da resolução dos problemas, ou ainda do laboratório virtual. Outra forma do aprendiz chegar aos mecanismos de pratica dentro do sistema é através das próprias Atividades, recomendadas pelo professor, ou recomendadas pelo Módulo Tutor. Ao escolher por resolução de problemas é apresentada uma lista dos problemas, título e descrição, como por ser visto na Figura 22.

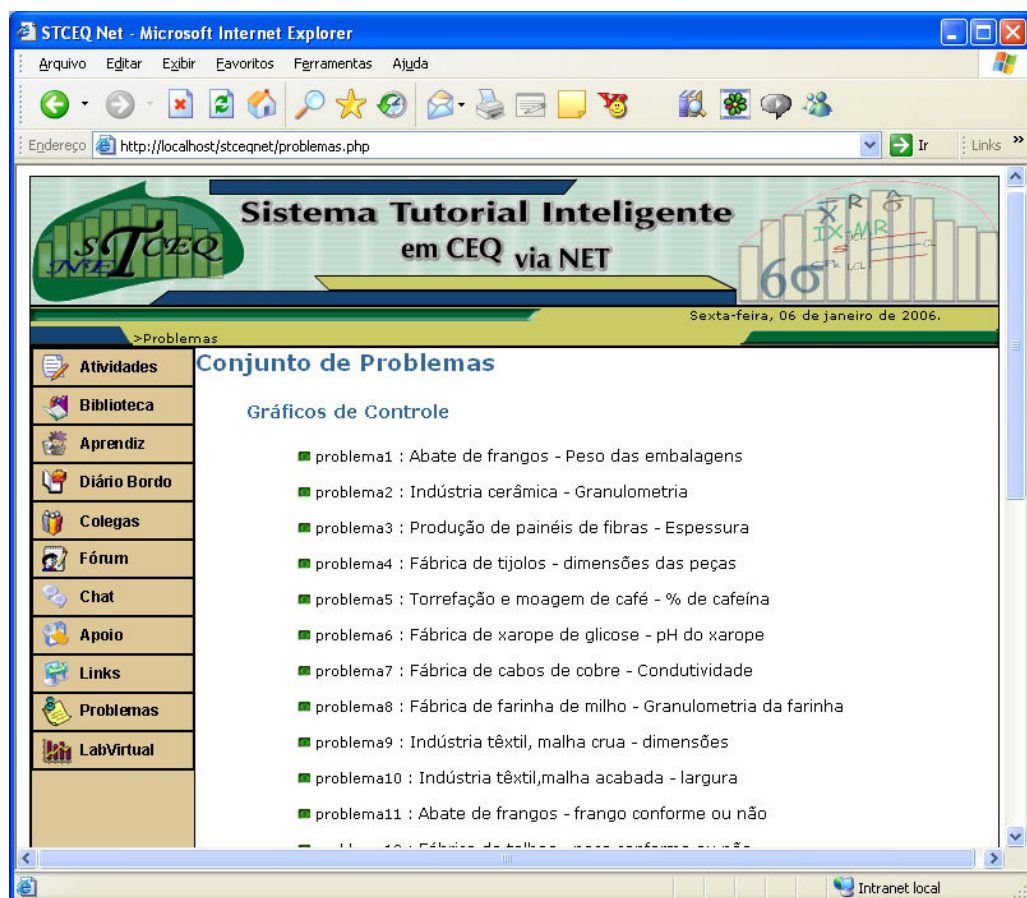


Figura 22: Conjunto de problemas.

Por exemplo, se o aprendiz escolher por resolver um determinado problema, será apresentada a descrição do mesmo e sua representação gráfica, a problemática em si. Na base desta página, encontrará dois *links* (questões e regras heurísticas). Ao optar por regras heurísticas, o usuário poderá aplicar os resultados das diversas regras previstas, e assim, ter um auxílio do especialista. A página que contém as regras heurísticas pode ser visualizada na Figura 23.

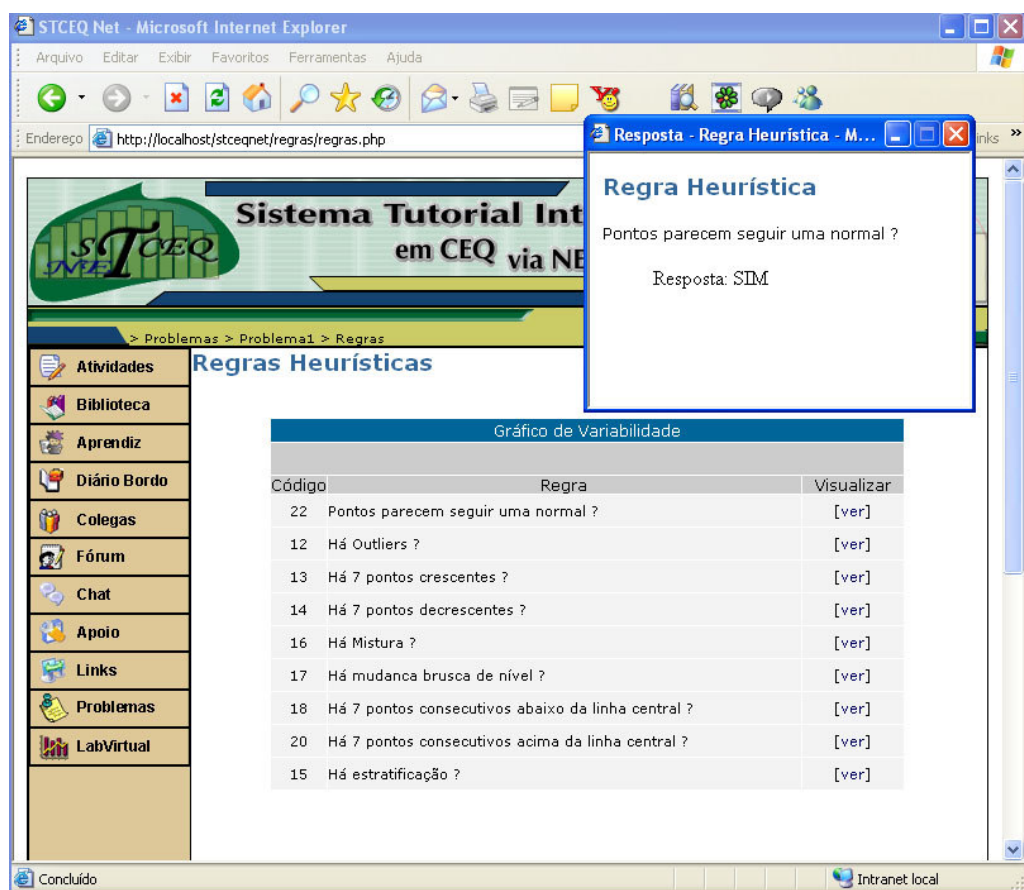


Figura 23: Regras Heurísticas.

Ao escolher por responder as questões provenientes do problema em questão, será apresentada ao usuário uma sequência de questões para o mesmo responder. Dependendo do tipo de problema e da questão, o usuário tem a possibilidade de escolher uma ou múltiplas alternativas como corretas para a pergunta que lhe é feita pelo sistema. É possível visualizar a tela com as questões na Figura 24.

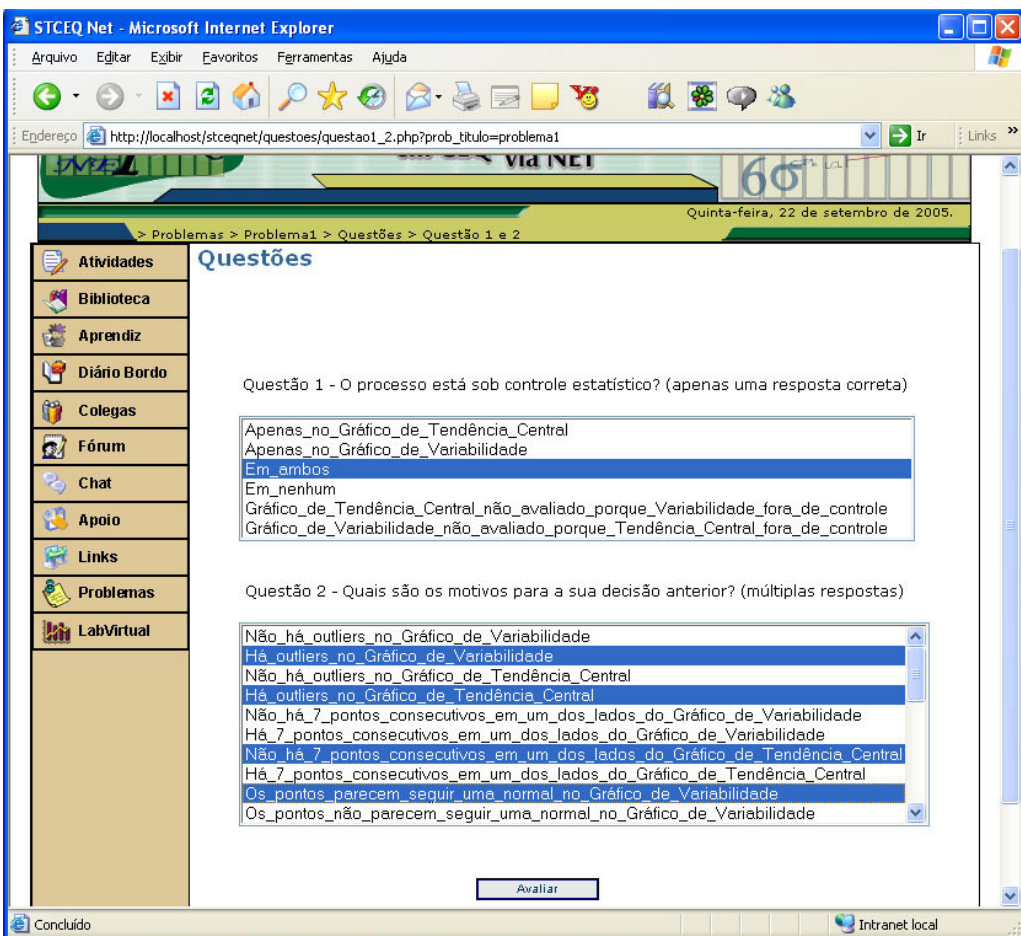


Figura 24: Questões 1 e 2 - Problema1.

Logo após o usuário pedir avaliação das suas respostas, o Módulo Tutor irá fazer a comparação entre estas e as respostas do Especialista, e então irá mostrar mensagens pertinentes, como já mencionado ao longo deste trabalho. Na Figura 25 é possível ver um exemplo das mensagens emitidas ao usuário pelo Tutor.

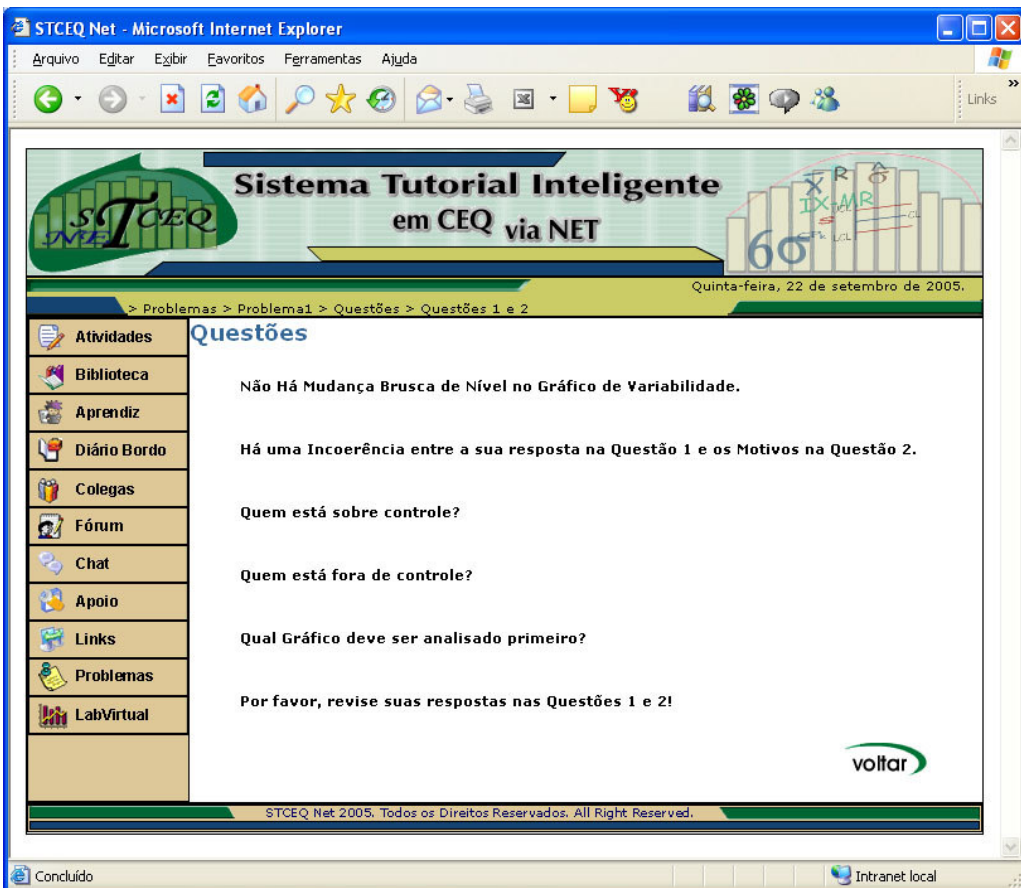


Figura 25: Mensagens de auxílio.

Com o decorrer das questões, se o usuário obtiver sucesso em suas respostas, ele irá avançar entre as questões propostas naquele problema. Logo após, o aprendiz responder todas as questões o sistema mostra o primeiro relatório ao usuário com seu desempenho naquele problema, como pode ser visto na Figura 26.

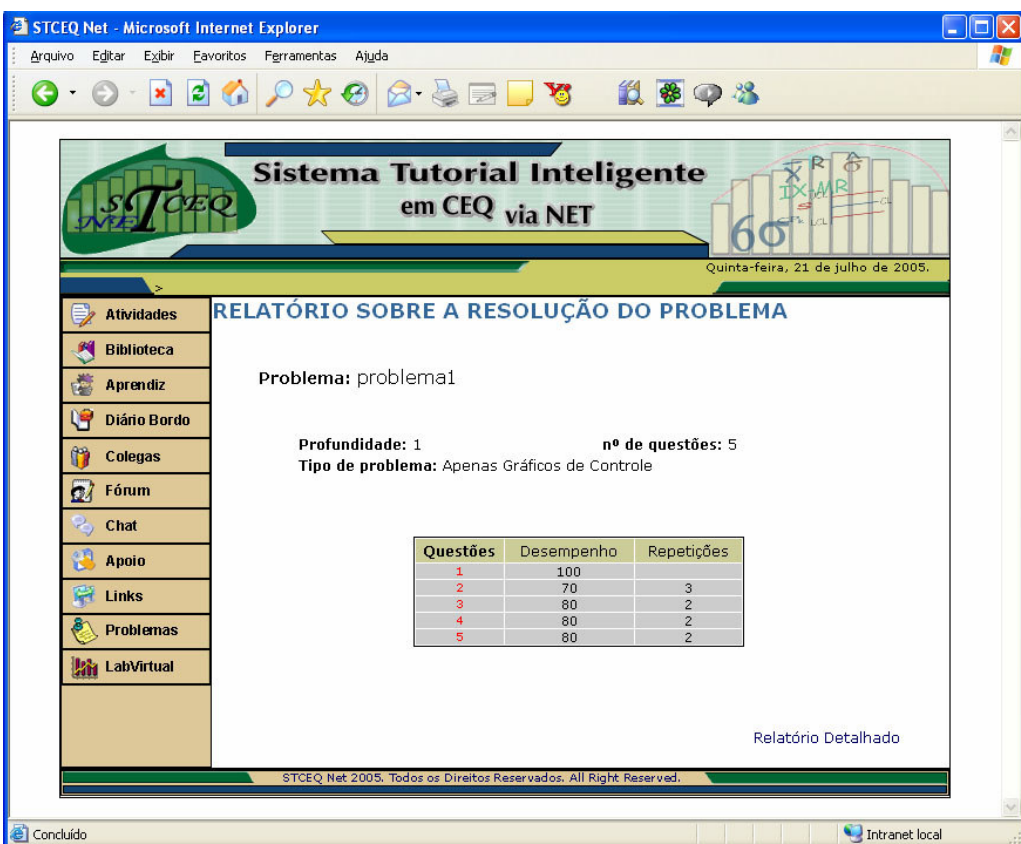


Figura 26: Relatório – Desempenho no problema.

No canto inferior direito existe um *link* para o detalhamento do relatório, onde será mostrado o desempenho do aprendiz com maiores detalhes e fazendo as recomendações pertinentes, por exemplo, a realização de determinada atividade. O terceiro relatório, o final, é apresentado ao usuário o seu desempenho global por tipo de problema, todas as interações até o momento, através das Resoluções de Problema, ou ainda Laboratório Virtual. Então, lhe é recomendado quais problemas deveria resolver em seguida, para continuar o seu processo de aprendizagem, como pode ser visto na Figura 27.

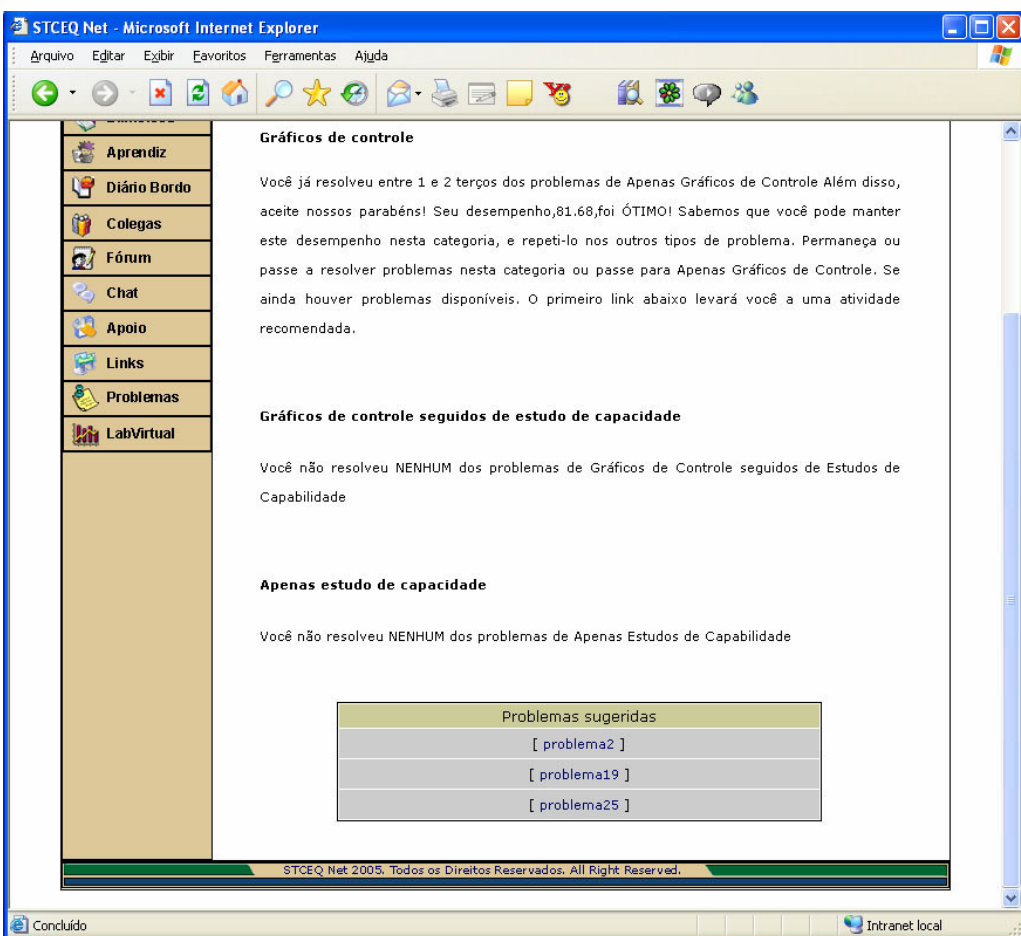


Figura 27: Relatório Final.

Logo após o usuário ter concluído a resolução de um problema, ele pode optar por seguir as sugestões dos agentes inteligentes ou optar por utilizar outro recurso que lhe interessar.

Um elemento do STCEQ.Net já comentado neste trabalho se refere ao Menu ou Módulo Aprendiz. Aqui o aprendiz encontra detalhadamente um histórico dos mecanismos já utilizados e seu desempenho por tipo de problema, como por ver sítio na Figura 28.

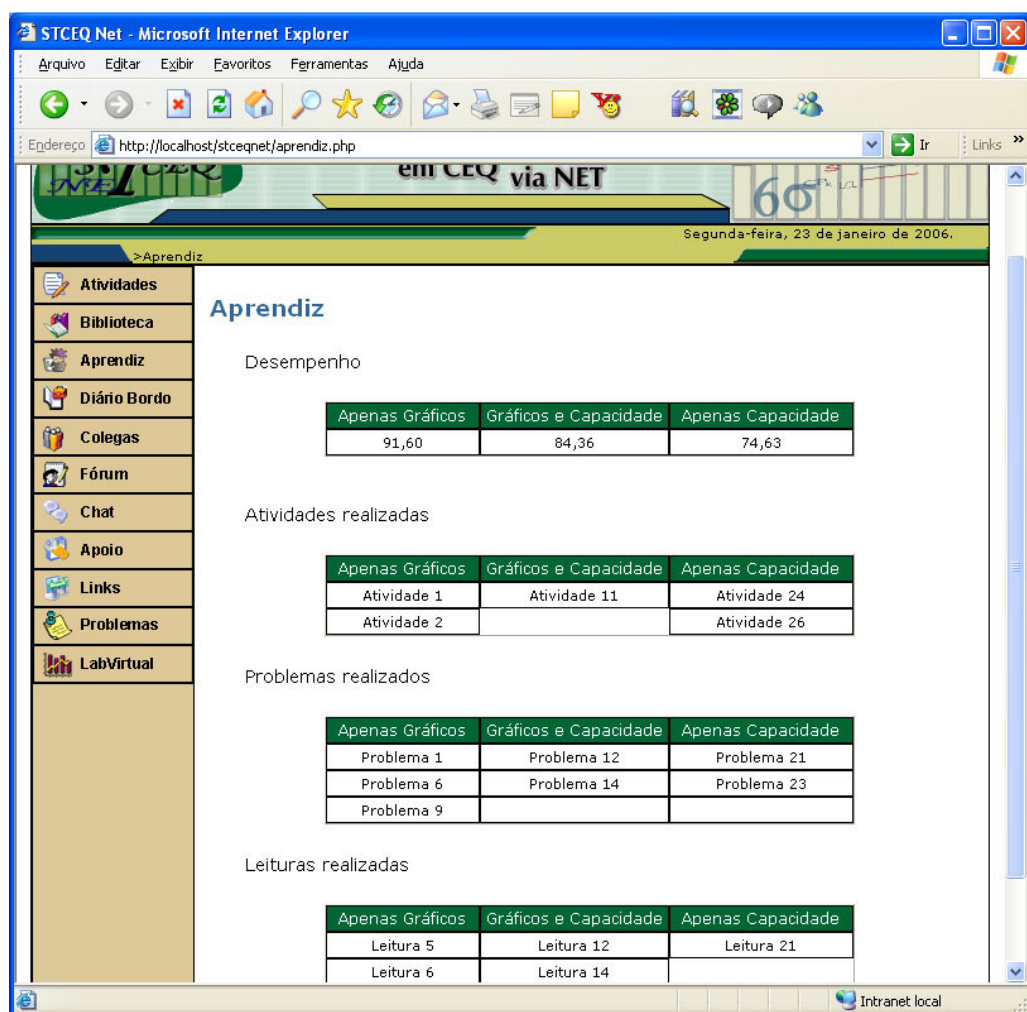


Figura 28: Relatório sobre o Aprendiz.

4.9 Avaliação do ambiente de ensino-aprendizagem

Em um ambiente de ensino-aprendizagem é necessário que, após sua implementação, seja verificado qual o impacto que este tem ou poderá ter em termos de aprendizado dos aprendizes, e também saber se a estrutura, organização e dentre outras características da usabilidade, estão facilitando ao aluno utilizar este instrumento educacional para auxiliar no seu aprendizado. Neste trabalho é considerado apenas a avaliação de um especialista na área em questão, CEQ. Entretanto, deve-se salientar a importância de se fazer uma avaliação completa, com turmas de aprendizes.

Para que se pudesse chegar a alguns resultados sobre os itens levantados anteriormente, foi feita uma entrevista sobre o ambiente com o prof. Dr. Marcelo Menezes Reis (professor de Estatística).

4.9.1 Entrevista com o professor de Estatística

Para poder ter uma avaliação inicial sobre o STCEQ.Net e comprovar algumas suposições sobre o qualidade do ambiente educacional, e também poder encontrar novos aspectos sobre avaliação do ambiente foi feito uma entrevista com o prof. Dr. Marcelo Menezes Reis. Nesta entrevista, foi solicitada a opinião do professor sobre o ambiente. Os pontos levantados foram: funcionamento do modelo de ensino-aprendizagem, aspectos positivos, aspectos negativos, opções fornecidas (atividades, fórum, *chat*, resolução de problemas, o laboratório virtual e demais itens presentes no STCEQ.Net), se o ambiente está conseguindo alcançar seus objetivos, sobre a organização, estrutura, contribuição para o aprendizado, outras formas de uso do ambiente (outras disciplinas, outros cursos).

O professor afirmou que o ambiente é versátil, representando um grande avanço em relação à versão anterior. Do ponto de vista pedagógico a implementação distribuída possibilitou alcançar um público expressivamente maior, sem as dificuldades impostas pela instalação local do aplicativo do ambiente, que sempre causam problemas, muitas vezes sérios, e que consomem um tempo precioso do processo de aprendizagem. As simulações e a particularidade do usuário poder inserir seus próprios dados, o laboratório virtual, com o intuito de observar o impacto nos resultados (característica não existente na primeira implementação) constituiu importante melhoria. A estrutura do sistema, especialmente com a introdução das ferramentas de administração poderia ser usada em outras disciplinas além do Controle Estatístico da Qualidade, além de facilitar enormemente o gerenciamento e atualização do sistema, sem a necessidade de programar código efetivamente, o que constitui um grande obstáculo para alguns instrutores. Na opinião do professor o ambiente atingiu seus objetivos, e complementou as aulas presenciais e de laboratório de forma apropriada e oportuna.

4.10 Considerações Finais

Durante o Capítulo 4 foram apresentadas as características e o funcionamento do Ambiente Virtual Inteligente que está integrado ao Modelo de ensino-aprendizagem para CEQ, apresentado no Capítulo 3.

O próximo capítulo irá finalizar este documento, mostrando as considerações finais de todo o trabalho realizado, contribuições, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

CONCLUSÃO

A tecnologia aplicada na educação traz muitas possibilidades para o processo de ensino-aprendizagem. Com o advento dos computadores, e principalmente da Internet, surgiram novas modalidades educacionais. A tecnologia vem a ser um recurso de complementação, auxílio e aperfeiçoamento constante que permite que os aprendizes reconstruam, experimentem e interajam com o objeto de estudo para alcançarem o conhecimento almejado. A Internet vem a ser um mecanismo extremamente importante quando se trata de ambientes educacionais, pois traz diversas vantagens para o processo de aprendizagem, por exemplo, liberdade de tempo e espaço, diminuição de esforços para manutenções, e conseqüentemente, diminuição de custos financeiros.

Em se tratando de ambientes educacionais é possível destacar os ambientes inteligentes, que utilizam IA para simular o pensamento humano e transpor esta inteligência para os sistemas de ensino-aprendizagem, com o objetivo de auxiliar na construção da melhor estratégia para resolver os problemas propostos pelo sistema, ou mesmo pelo próprio aprendiz. Das técnicas de IA, foram empregados neste trabalho características dos Sistemas Tutoriais Inteligentes e Sistemas Especialistas com inferência do conhecimento baseado em regras de produção.

Outro recurso educacional importante que merece devido destaque é o Laboratório Virtual. Os experimentos virtuais surgem como um recurso auxiliar que podem facilitar a prática e o entendimento de conteúdos considerados complexos.

Ao se tratar de Controle Estatístico da Qualidade – CEQ, é possível observar a sua importância para as organizações e notar que mesmo sendo crucial para a

sobrevivência das mesmas, esta área muitas vezes não recebe a devida importância, ou ainda, é mal empregado. Ocorre normalmente a escolha da técnica inadequada para resolver determinado problema, ou a interpretação errônea dos resultados obtidos.

O modelo STCEQ desenvolvido por Reis (2001), foi uma proposta para a solução dos problemas de mau entendimento das técnicas de CEQ. Entretanto, apesar de suas características louváveis, este modelo possui algumas limitações que foram melhoradas no sistema proposto neste trabalho.

Após investigar ferramentas, técnicas e metodologias que favorecem o aprendizado de CEQ, que estimulem a utilização e interação dos aprendizes com os ambientes de aprendizagem virtuais inteligentes, notou-se que a área carece de um modelo composto de uma metodologia, um ambiente virtual inteligente e de um laboratório virtual que sejam flexíveis, robustos, inteligentes e distribuídos.

Sendo assim, o presente trabalho apresentou um modelo composto de uma metodologia e um ambiente inteligente via Internet, possuindo um laboratório virtual voltado para ensino-aprendizagem de CEQ, chamado de STCEQ.Net. Durante a apresentação do modelo foram descritos os motivos que levaram à escolha por um ambiente computacional incorporado ao modelo, o porquê de um ambiente distribuído e as vantagens de se utilizar um ambiente inteligente e um laboratório virtual, além da estratégia instrucional adotada.

O ambiente computacional foi projetado e seu protótipo construído para demonstrar a viabilidade do mesmo. Dentre estas ferramentas, destacam-se os agentes inteligentes, que atuam na resolução de problemas e no laboratório virtual. Estes agentes visam proporcionar um acompanhamento individualizado a cada aprendiz durante a prática sobre CEQ. Além disto, com estes recursos oferecidos pelo STCEQ.Net o aprendiz deixa de apenas memorizar conceitos e passa através da experimentação e da resolução de problemas práticos a aprender de fato as técnicas de CEQ.

Espera-se que com os resultados deste trabalho os aprendizes de CEQ e profissionais desta área melhorem os seus conhecimentos, e venham a aplicar técnicas adequadas para a resolução de problemas, e interpretar corretamente os resultados

obtidos. Desta forma, espera-se aumentar a qualidade dos serviços e produtos das Organizações. Espera-se, também, que a definição e demonstração da presente metodologia e o desenvolvimento do STCEQ.Net venham a servir de base para a área de software educacional e, mais especificamente, para o desenvolvimento de ambientes inteligentes para o ensino-aprendizagem de Estatística e áreas afins.

5.1 Contribuições

De um modo geral, este documento definiu um modelo para o ensino-aprendizagem de CEQ, baseado no trabalho de Reis (2001). Sendo assim, foram apresentadas durante este trabalho as melhorias na metodologia, e principalmente no ambiente computacional. Estas melhorias serão mais detalhadas a seguir:

- Adição de novos elementos. Por exemplo, a resolução de problemas dinâmicos (possui mecanismo de manutenção), agente de monitoração e outros) deixando-o mais dinâmico e com um número maior de recursos, possibilitando o incremento da flexibilidade, do desempenho, da interatividade, da produtividade e da eficiência do processo de ensino-aprendizagem.
- Mudança de plataforma, deixando de ser um ambiente *stand-alone* e passando a ser um ambiente distribuído, acessível via browser;
- Inserção de um laboratório virtual, um novo elemento que facilita a reflexão sobre o objeto em estudo, dando ênfase na aprendizagem através da experimentação. A prática vem a ser um grande facilitador da compreensão do conteúdo. O aprendiz passa a controlar seu próprio estudo, deixando o processo educacional mais realista e eficaz.
- Um mecanismo pedagógico que disponibiliza meios para a colaboração entre o aprendiz e professor, oferecendo um recurso que pode vir a melhorar a comunicação entre os participantes do processo educacional.

- Com o melhoramento do Módulo Interface o ambiente passou a ser utilizado via Web, deixando-o mais atrativo, pois foi melhorada a interatividade entre o usuário e o sistema, e conseqüentemente motivando ainda mais os aprendizes a utilizá-lo.
- Definição de um modelo educacional com características de Educação à Distância - EAD, sendo distribuído e possuindo flexibilidade temporal e espacial, acarretando novas possibilidades pedagógicas, por exemplo, o aprendiz poder aprender no seu próprio ritmo e onde desejar.
- As mensagens de recomendação apresentadas pelo tutor eram muito vagas no STCEQ. No STCEQ.Net o usuário passou a ter realmente uma noção de onde pode estar seu erro. Entretanto, o sistema não deixou de instigar a reflexão do aprendiz, pois as respostas não são passadas diretamente, elas apenas tentam guiar o aprendiz na direção correta para alcançarem o sucesso durante este processo.
- O STCEQ.Net vem trazer um modelo de monitoração das interações dos aprendizes com o ambiente. Através do agente Gerador de *Log* pode-se saber por onde o aprendiz andou navegando e o tempo dedicado a cada atividade. Assim, o professor pode ter um *feedback* de sua estratégia educacional. O agente Gerador de *Log* basicamente faz o levantamento de dados necessários para que o professor analise a interação dos aprendizes com o ambiente de ensino-aprendizagem.
- O Módulo Simulador, existente no STCEQ, foi melhorado, pois incorporou-se o exato instante em que o usuário interage com o sistema, em *milisegundos*, aos algoritmos existentes, além de se utilizar uma linguagem que possibilita um geração de números aleatórios mais confiável.
- No STCEQ.Net foi criado um mecanismo para se poder dar manutenção nos principais elementos do ambiente. Na ótica da Engenharia de Software, a área administrativa vem a ser um facilitador para o administrador (professor), pois é possível adicionar, alterar e remover os principais elementos do

sistema sem precisar conhecer sobre nenhum assunto específico de Engenharia de Software. Por exemplo, é possível alterar um determinado estudo de caso presente na resolução de problemas apenas tendo conhecimentos de CEQ.

- Disponibilização de meios mais flexíveis de navegação pelo ambiente de ensino-aprendizagem. O usuário pode utilizar qualquer um dos recursos de uma forma mais dinâmica, isto a qualquer momento, sem precisar passar sempre pelos mesmos lugares. Sendo assim, é dado ao aprendiz a liberdade de ser o próprio construtor de seu conhecimento.
- O método educacional é principalmente definido em cima de atividades, onde o usuário possui indicações de quais tarefas deve realizar para facilitar o seu aprendizado. Por exemplo, primeiro realiza uma determinada leitura, em seguida faz uma pesquisa na Internet, e depois, adiciona um tópico no Fórum, e logo após obter o conhecimento teórico vai realizar a prática através da resolução de problemas ou do laboratório virtual.
- Os ambientes virtuais inteligentes, como o proposto neste trabalho, permitem que professores utilizem-os como complemento de suas aulas, e até mesmo que os aprendizes possam estudar sobre assuntos que não estão previstos do programa das disciplinas, possibilitando um incremento no processo de ensino-aprendizagem.

5.2 Limitações

Neste trabalho ocorreram algumas limitações, que serão apresentadas a seguir:

- Na atual versão existem somente três classificações básicas de problemas: apenas gráficos de controle, apenas estudos de capacidade de processos, e gráficos de controle seguidos de estudos de capacidade de processos, não existe a possibilidade de reclassificação ou inclusão de novos tópicos;

- Não existe um mecanismo que leve em consideração a opinião do usuário na hora de resolver um problema;
- Não existe um mecanismo que faça análise dos dados referentes ao acompanhamento do aprendiz diretamente, esta tarefa na atual versão fica a cargo do professor;
- Os recursos de comunicação são utilizados de forma simples, ou seja, apenas servem de ferramental para auxiliar na colaboração dos usuários. O que se quer, basicamente, é apenas disponibilizar um meio para facilitar a participação social no processo de ensino-aprendizagem. Na atual versão, não foi definido um mecanismo que utilize as informações geradas pelos aprendizes a partir deste mecanismo de comunicação. Por exemplo, o Módulo Aprendiz poderia utilizar tais informações para definir o perfil de cada aprendiz para deixar o ambiente ainda mais personalizado.
- No Laboratório Virtual, os experimentos que o usuário pode realizar são baseados nos tipos de problemas existentes, sendo necessário existir pelo menos um problema de cada tipo para que o experimento possa referenciá-los, quando necessário. Ao se observar os parâmetros utilizados pelo laboratório virtual, deve-se destacar que o usuário nas suas simulações de estudos de casos basicamente informa os resultados das amostras ou medidas individuais;
- Nos agentes inteligentes, especialmente no Módulo Tutor, a inferência é produzida através de regras básicas de conhecimento;
- As mensagens que são repassadas ao usuário quando ocorre um equívoco em suas respostas não possuem nenhum caráter de dinâmica complexa, ou seja, não é dada uma dica interativa, aonde o usuário vai pedindo quais questões estão corretas após determinado número de tentativas. Por exemplo, após dez tentativas o usuário poderia solicitar em cada nova iteração qual alternativa que é a correta;

- Na atual versão existe somente um nível de dificuldade na resolução de problemas e no laboratório virtual;
- A avaliação do ambiente se deteve a apenas entrevista com um professor de estatística, devido a problemas de agendar e conciliar o período de aulas relacionadas com CEQ.
- Não existe mecanismo que trate sobre auto-correlação, ou seja, os dados utilizados nas amostras, que por sua vez são usadas nos gráficos de controle para os estudos de casos, não levam em consideração a existência de autocorrelação.

5.3 Trabalhos Futuros

Ao se observar o presente documento é possível sugerir alguns trabalhos que podem dar continuidade ao desenvolvimento do STCEQ.Net:

- Projetar uma agente inteligente dinâmico que suporte novos tipos de problemas, ou seja, possibilite reclassificação e inclusão de novos tipos;
- Os agentes inteligentes poderiam considerar a existência de autocorrelação nos resultados gerados;
- Além das respostas objetivas poderia haver um mecanismo que levasse em consideração a opinião do usuário na resolução de problemas;
- Seria de grande valia um recurso que já fizesse uma análise dos dados gerados pelo usuário durante suas interações, navegação, pelo ambiente a ser utilizada na definição de novas estratégias de ensino-aprendizagem, quanto necessário. Assim, melhorando a individualização no processo educacional;
- Os recursos de comunicação que podem ser explorados são chat e fórum. É possível utilizar as informações geradas através destas ferramentas para

definir o perfil de cada usuário, e então, melhorar o Módulo Aprendiz deixando-o com uma inteligência própria;

- Um mecanismo que seria de grande utilidade para os usuários é um agente de mensagens mais dinâmico. Por exemplo, após dez iterações o usuário poderia a cada nova interação pedir uma *dica* de qual alternativa está correta, e assim, o sistema vai apresentando as alternativas corretas. Este recurso seria útil, pois o usuário já recebeu diversas dicas e mesmo assim não está conseguindo obter sucesso nas suas respostas;
- No Laboratório Virtual podem ser projetados experimentos mais dinâmicos e independentes. Desenvolver experimentos que se adaptem a novos tipos de problemas e que não fiquem dependentes da existência de pelo menos uma resolução de problema de cada tipo. Os parâmetros podem ser mais flexíveis, onde a cada simulação o usuário possa definir os demais parâmetros de forma dinâmica, ou seja, poder escolher alterar todos os parâmetros de um estudo de casos e não somente a amostra. Por exemplo, pode deixar o simulador de números aleatórios atuar e apenas interferir nos limites ou na inclusão de desvio nos resultados gerados. Além disto, seria interessante que o usuário pudesse armazenar todas as suas simulações para uso futuro;
- Seria interessante um novo projeto do STCEQ.Net onde fosse modificada a forma de inferência do conhecimento, poderia ser utilizado, por exemplo, redes neurais o que facilitaria a manutenção dos aspectos inteligentes do ambiente além de deixá-lo mais dinâmico e robusto, e além de um melhor conhecimento dos mecanismos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem;
- Agregar níveis de dificuldade na resolução de problemas, e então, a cada nova interação com os problemas e dependendo de seu sucesso o usuário iria passando de nível. Assim, o ambiente também se tornaria uma espécie de jogo onde o usuário tem o objetivo de passar de nível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNER, Luiz C. Otimização do diálogo usuários-organizações na World Wide Web: estudo de caso e avaliação ergonômica de usabilidade de interfaces humano-computador. Rio de Janeiro, 2002. (Dissertação de Mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Design. PUC-Rio, 2002.

ALMEIDA, Fernando J.. *Internet dentro de um ambiente de aprendizagem*. Disponível em: <<http://www.scipione.com.br/educa/artigos/artigos.asp>>. Acesso em 26 Mar. 2004.

ALWAN, L.; ROBERTS, H.V. "The Problem of Misplaced Control Limits," *Applied Statistics* 44 No.3, 269-278, 1995.

ANASTASIOU, L. Metodologia do Ensino Superior para Professor Ingressante: curso no 5º Programa de Formação Pedagógica para os docentes da UFSC, 11-12 de maio de 1995a.

_____, O Professor no Processo de Ensino Aprendizagem: do Plano de Ensino à Avaliação: curso no 6º Programa de Formação Pedagógica para os docentes da UFSC, 02-03 de outubro de 1995b.

Avradinis, N.; Vosinakis, S.; Panayiotopoulos, T.. Using Virtual Reality Techniques for the Simulation of Physics Experiments. In: 4th Systemics, Cybernetics and Informatics International Conference, 4, SCI, 2000, Orlando, Florida, USA, July 2000.

AZEVEDO, Breno F.T. MutAntIS - Um Sistema Tutor Inteligente Multi-Agente para o Ensino - Aprendizagem de Conceitos. In: X Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 10, 1999, Vitória, ES. Anais...1999.

BRAGA, Denise B. *Bases Preliminares para um Ambiente Colaborativo de Aprendizagem*. Disponível em: <<http://www.lite.fae.unicamp.br/sapiens/>>. Acesso em 16 jan. 2005.

BARRETO, J.M. Inteligência Artificial no Limiar do Século XXI. Florianópolis: J.M. Barreto, 1997.

BITTENCOURT, G.. Inteligência Artificial: Ferramentas e Teorias. 2ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

BITTENCOURT, G. “Inteligência Artificial Distribuída”, Anais: I Workshop de Computação do ITA, 1998.

BOFF, E.; GIRAFFA, L. M. .M. Uma Proposta Metodológica para Construção de Um Ambiente de Ensino-Aprendizagem Cooperativo, PUCRS, Porto Alegre, 2000.

BOLZAN, Willian e GIRAFFA, Lúcia M. M. Estudo comparativo sobre Sistemas Tutores Inteligentes Multiagentes. In: Seminário de Computação, 11, 2002. Blumenau, SC. Anais ... XI SEMINCO, 2002.

BOUCHELAGHEM, Seridi Hassina; SELLAMI, Mokhtar. Design of an Intelligent Tutoring System on the WWW to support interactive Learning. In: International Conference on Engineering Education. 2001. Oslo, Norway, USA, Anais...ICEE 2001.

BRITO, Parcilene Fernandes; FAGUNDES, Fabiano; ALVES, João Bosco da Mota. Uma Estrutura para Definição de Seqüências de Estudos Baseada na Técnica Ant System, In: XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, SBIE 2002, São Leopoldo-RS, Anais... do SBIE, 2002.

CANCIAM, Vanessa. Software da UFSC ensina estatística pela Internet. Disponível em: <http://www.ctc.ufsc.br/Nucleo/releases/releases2003/fevereiro_2003.htm>. Acesso em 16 abril. 2005.

CARNEIRO, Lúcia F.; SAIKOSKI, Katia B.; BOFF, Elisa; TRUCCOLO, Denise; SCARPARO, Renata . *CODE WEB*: Site WWW para apoio ao trabalho cooperativo em Operações Unitárias da Engenharia Química. Disponível em: <<http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie98/226.html>>. Acesso em 16 Mar. 2005.

CECHINEL, C ; DIAS, K. ; OHIRA, M ; REIS, Marcelo Menezes ; NASSAR, S. M. . Concepção e Implantação de um Ambiente de Ensino de Estatística. In: *Conferência Internacional Experiências e Perspectivas do Ensino de Estatística - Desafio para o Século XXI*, 1999, Florianópolis - SC, 1999. v. 1. p. 182-192.

CHAVES, Eduardo O. C. Tecnologia na Educação, Ensino a Distância, e Aprendizagem Mediada pela Tecnologia: Conceituação Básica. *Revista Educação*. Faculdade de Educação da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, ano III, n. 7, nov. 1999.

CHENG, Peter. Simulation Based Training For Statistical Process Control. Disponível em: <http://www.psychology.nottingham.ac.uk/research/credit/projects/statistical_process_control/main.html>. Acesso em 30 abril de 2005.

CHENG, Peter; HUBELE, N. F., Design of a Knowledge-based Expert System for Statistical Process Control. *Computers in Industrial Engineering*, Vol. 22, No. 4, pp 501-517, 1992.

CROWLEY RS, MEDVEDEVA O, and JUKIC D. SlideTutor – A model-tracing Intelligent Tutoring System for teaching microscopic diagnosis. In: 11th International Conference on Artificial Intelligence in Education, 11, Sydney, Austrália, Jul 2003.

CUNNINGHAM, D. J., THOMAS, M. e KNUTH, Randy A. *The Textbook of the Future*, 1993.

DAGLI, C. H., STACEY, R. A Prototype Expert System for Selecting Control Charts. International Journal of Production Research, Vol. 26, No. 5, pp 987-996, 1988.

DAHLGAARD, J.J., KRISTENSEN, K., KANJI, G.K., JUHK, H.J., SOHAL, A.S. Quality Management Practices: a comparative study between East and West, International Journal of Quality and Reliability Management, Vol. 15, No. 8/9, pp. 812-826, 1998.

DEMARTINI, Geovani. *Autenticação de Aprendizizes e Geração e Análise de log de Acessos em Cursos de Ensino a Distancia*. 2001. Monografia (Diplomação em informática aplicada). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2001.

DEMING, W. E. *Qualidade: a Revolução na Administração*. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DORÇA, Fabiano et al. Um Sistema Inteligente Multiagente para Educação a Distância. In: WIE 2002 - VIII WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 2002, Florianópolis. Anais... do SBC 2002. 2002.

DU PLESSIS, J.P. et al.. A Model for Intelligent Computer-Aided Education Systems. Computers & Education, Vol. 24, No.2, pp 89-106, 1995.

DUNCAN, A. J., *Quality Control and Industrial Statistics*, 5th Ed, Irwin, Illinois, 1986.

EPPRECHT, E. K.; MACHADO NETO, W. M. Um Sistema a Base de Conhecimentos para Assistência em Controle Estatístico da Qualidade, ENEGEP, 1996.

FARIA, Terezinha de Fátima; BITTENCOURT. Guilherme, Um ambiente interativo multiagentes para o ensino de estrutura da informação, In: XI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2000), II Workshop de Ambientes de Aprendizagem Baseados em Agentes, Maceió, AL, 2000.

FÁVERO, Alexandre José; SANTOS, Nilson Moutinho. *Sistemas Especialistas*. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/~ia/especialistas>>. Acesso em 18 set. 2005.

FERBER, J. *Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*. Harlow, England, Addison-Wesley, 1999.

FERREIRA, Ruy. Internet como ambiente da educação á distância na formação

continuada de professores. Cuiabá. abril de 2000. Dissertação (mestrado em Educação) - Programa Integrado de Pós-Graduação do Instituto de Educação da Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT. 2000.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. O Dicionário da Língua Portuguesa. 3.ed. : Curitiba: Positivo Editora, 2004.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge A.. Física Para Todos - Concepções Erradas em Mecânica e Estratégias Computacionais. [artigo científico]. Disponível em: <http://nautilus.fis.uc.pt/softc/Read_c/RV/virtual_water/articles/art3/art3.html>. Acesso em 15 mar. 2002.

FRANCIOSI, Beatriz Regina Tavares, ANDRADE, Adja Ferreira de, BEILER, Adriana, WAGNER, Paulo Rech. Issues in Modelling Distance Learning Environments. In: WORLD CONFERENCE ON WWW AND INTERNET, 2001, Orlando. Proceedings of WebNet. 2001.

FRIGO L.B; POZZEBON, E; BITTENCOURT G. O Papel dos Agentes Inteligentes nos Sistemas Tutores. In: WCETE'2004- World Congress on Engineering and Technology Education, ISBN 85-89120-12-0, Santos – SP, Mar. 2004.

GARCIA, Paulo Sérgio. *Internet como mídia na educação*. [artigo científico]. Disponível em: <<http://geocities.com/Athens/Delphi/2361/intmid.htm>>. Acesso em 18 set. 2004.

GARVIN, D. A. Competing in the Eight Dimensions of Quality. Harvard Business Review, Sept-Oct 1987.

GOULART, Rodrigo R. V.; GIRAFFA, Lucia M. M.. Utilizando a tecnologia de agentes na construção de Sistemas Tutores inteligentes em ambiente interativo. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 12, 2001, Vitória, ES. Anais...2001.

GOMES, Apuena Vieira; SOUZA, Fernando da Fonseca. *Uma Ferramenta de Auxílio a Educadores no Processo de Ensino-Aprendizagem a Distância Via Web*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND COMPUTER EDUCATION, 2000, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Ed. do SENAC, 2000. 1 CD-ROM.

GOUVEIA, Luís Manuel Borges; CAMACHO, Maria de Lurdes. *Criação de espaços de informação Interactivos: Ambiente de aprendizagem para a cadeira de “Sistemas de Informação”*. In: 3º SIMPÓSIO INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE EDUCATIVO, 1998, Évora, Portugal. *Anais...* Évora, Portugal: Núcleo UE-Minerva, 1998.

GRILO, L.; MONICE, S.; SANTOS, E. T.; MELHADO, S..Possibilidades de Aplicação e Limitações da Realidade Virtual na Arquitetura e na Construção Civil. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2001, Fortaleza, CE. *Anais...* Fortaleza: set. 2001, CD-

ROM.

HONG, E., O'NEIL Jr., H.F. Instructional Strategies to Help Learners Build Relevant Mental Models in Inferential Statistics. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 84, No.2, pp. 150-159, 1992.

HOPPER, M. Hooper, Assessment in WWW-based learning systems: opportunities and challenges. *Journal of Universal Computer Science*, vol. 4, 330-348, 1998.

JENNINGS, N. R. *Cooperation in Industrial Multi-agent Systems*, World Scientific, 1994.

JESUS, Andréia. Sistemas Tutores Inteligentes uma Visão Geral. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação*, Campo Largo - PR. ed. 3, ano 2, v. 2, n. 2, dez de 2003 .

JONASSEN, David. O uso das novas tecnologias na educação a distância e a aprendizagem construtivista, Brasília, ano 16, n.70, p.70-83, 1996.

JURAN, J. M., GRZYNA Jr., F. M., BINGHAM Jr., R. S. *Quality Control Handbook*. 3rd edition. New York: McGraw-Hill Co., 1979.

KAESTNER, C.; EBERSPÄCHER, H. *Arquitetura de um Sistema de Autoria para Construção de Tutores Inteligentes Hipermedia*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 8, 1997, São José dos Campos. *Anais...* São José dos Campos: ITA, 1997. p. 163-180.

KAYE, Anthony; RUMBLE, Greville. Educação à Distância (EAD) - Conceituação. Disponível em: <http://www.vdl.ufc.br/catedra/telematica/caracteristicas_meios.htm#_Toc457451613>. Acesso em 18 Mar. 2005.

LABORATÓRIO, Virtual: Multimídia na Internet. Disponível em: <<http://www.eciencia.usp.br/laboratoriovirtual/default.html>>. Acesso em 18 Mar. 2005.

LEE, T.Y., LEUNG, H.K.N., CHAN, K.C.C. Report on a consultancy study on companies and organizations in Hong-Kong. The Hong-Kong Quality Journey, SAR, 1997.

LEHTINEN, Erno; HAKKARAINEN, Kai; LIPPONEN, Lasse; RAHIKAINEN, Marjaana e MUUKKONEN, Hanni Computer Supported Collaborative Learning: A Review. Disponível em: <<http://www.comlab.hut.fi/opetus/205/etatehtaval.pdf>> Acesso em 28 jun. 2004.

MACHADO, F.B., MAIA, L.P. Um Framework Construtivista no Aprendizado de Sistemas Operacionais - Uma Proposta Pedagógica com o uso do Simulador SOsim. In: WEI 2004 - XII Workshop de Educação em Computação, XXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2004, Salvador, BA. *Anais...* da SBC 2004. 2004.

MARQUES, Camila. Ensino tem mais vantagens que desvantagens, dizem especialistas. Disponível em: http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2004/educacaoadistancia/vantagens_e_desvantagens.shtml. Acesso em 14 ago. 2005.

MARTENS, A., et al. *Docs'n Drugs – The Virtual Polyclinic An Intelligent Tutoring System for Web-Based and Case - Oriented Training in Medicine*, Journal of American Medical Informatics Association Annual Symposium. AMIA, 2001, pp: 433-437.

MARTÍNEZ, Miguel A Ramón. *Educação à Distância (EAD) - Conceituação*. Disponível em: <http://www.cciencia.ufrj.br/educnet/eduead.htm>. Acesso em 18 Mar. 2004.

MCARTHUR, David; LEWIS, Matthew; BISHAY, Miriam. The Role of Artificial Intelligence in Education: Current Progress and Future Prospects. RAND Corporation, Santa Monica, CA, 2002.

MEDEIROS, Marilú F.; MEDEIROS, Gilberto M.; COLLA, Anamaria Lopes; HERRLEIN, M. B. Petersen. A produção de um ambiente de aprendizagem em educação a distância com o uso de mídias integradas: a PUCRS virtual 1. [artigo científico]. Disponível em: http://pesquisa.ead.pucrs.br/artigos/Publicados/2001/Abed/Abed_AmbientesAprendizagem.pdf Acesso em 26 Junho. 2004.

MILLS, Jamie D. Using Computer Simulation Methods to Teach Statistics: A Review of the Literature. *Journal of Statistics Education*. JSE, 2002, v. 10, n. 1. Mar. 2002.

MODELOS, de Controle Estatístico do Processo. Disponível em: http://www.geocities.com/Eureka/Plaza/6813/mestre/cep_br/cep_conceito_br.html Acesso em 08 jan 2003.

MORAN, José Manuel. *O que é educação à distância*. Disponível em: <http://www.eca.usp.br/prof/moran/dist.htm>. Acesso em 06 Mar. 2005a.

_____. *Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologia*. Disponível em: <http://www.eca.usp.br/prof/moran/inov.htm>. Acesso em 20 Mai. 2005b.

_____. *Educação inovadora presencial e a distância*. Disponível em: http://www.eca.usp.br/prof/moran/inov_1.htm. Acesso em 20 jan. 2005c.

MONTGOMERY, D.C., Introduction to Statistical Quality Control. 3rd edition. New York: John Wiley & Sons, 1997.

MUSA, Daniela Leal; BICA, Francine. Agente para auxílio a avaliação de aprendizagem em ambientes de ensino na Web, In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE 2001, Vitória-ES, Anais... do SBIE, 2001.

NBR ISO 8402. Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade-Terminologia. São Paulo: ABNT, 1993.

NUNES, Ivônio Barros. *Noções de Educação a Distância*. Disponível em: <<http://www.intelecto.net/ead/ivonio1.html>>. Acesso em 18 fev. 2005.

NOVELLO, Tanise Paula et al. Sistema de Autoria e Tutor Inteligente – SATI : Desenvolvimento e Validação na Formação Continuada. In: WIE 2005 - XI WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 2005, São Leopoldo-RS. Anais... do SBC 2005. 2005.

PADILHA, Thereza P. Pereira; ALMEIDA, Leandro Maciel; ALVES, João B. da Mota. Modelagem do Desempenho do Aprendizado de Grupos de Aprendizes Utilizando Data Mining. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 14, 2003, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: NCE - IM/UFRJ, 2003.

PAULK, Mark C. Applying SPC to the Personal Software Process. Disponível em: <http://www.software-engineer.org/article_read.php?article_id=20000564>. Acesso em 08 fev 2005.

PEREIRA, A. S.; GEYER, C. F. R. Metodologias de Ensino aplicadas a um Modelo de Aprendiz em Ambientes Educacionais à Distância. In: VII Congresso Iberoamericano de Educação Superior em Computação. Assunção, Paraguai. Agosto, 1999. Anais... 1999.

PEREIRA, A. S.; GEYER, C. F. R.; D'AMICO, C. B. Gerenciamento do Conhecimento no Ambiente AME-A. In: V Congresso Internacional de Educação à Distância, São Paulo - SP. Outubro, 1998. Anais... 1998.

PERRENOUD, Philippe. *Dez Novas Competências para Ensinar*. Trad. Patrícia Chittoni Ramos. 2000. Porto Alegre: Artes Médicas Sul.

PIMENTEL, Edson P.; FRANÇA, Vilma F.; OMAR, Nizam. *A identificação de grupos de aprendizes no ensino presencial utilizando técnicas de clusterização*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2003, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: NCE - IM/UFRJ, 2003.

PIVA, Dilermando J.; AMORIN, Joni A.; MISKULIN, Mauro Sérgio; FREITAS, Ricardo Luis; MISKULIN, Rosana G. S. AUXILIAR: Uma aplicação de inteligência artificial que possibilita a potencialização da aprendizagem em Ambientes Colaborativos de Ensino. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 8, 2002, São Leopoldo, RS. Anais... 2002, p. 86-93.

PORTER, L. *Creating the Virtual Classroom*. New York/USA: John Wiley & Sons, 1997.

POZZEBON, E.; FRIGO, L. B.; BITTENCOURT, G. Inteligência artificial na educação universitária: quais as contribuições?. *Revista do CCEI*, ISSN 1415-2061, v. 8, n. 13, pp 34-41, março, 2004.

POZZEBON, Eliane. Tutor Inteligente adaptável conforme as preferências do aprendiz.

Florianópolis. Fevereiro de 2003. Dissertação (mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UFSC, 2003.

PRADRO, Neli R. Silveira. O uso de agentes inteligentes em uma arquitetura para ambientes de ensino-aprendizagem. In: X SIMPEP/2003 - Simpósio de Engenharia de Produção, 2003, Bauru, SP. *Anais do SIMPEP/2003* - UNESP, 2003.

PRETO, Tânia Martins; GABRIEL, Cilso de Paiva. *Fatores Determinantes na Escolha de Ambientes para Ensino a Distância*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND COMPUTER EDUCATION, 2000, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Ed. do SENAC, 2000. 1 CD-ROM.

RAABE, André, JAVIMCZIC, Antônio, GIRAFFA, Lúcia. Eco-Lógico: Ambiente Interativo para Suporte ao Ensino de Educação Ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 1996, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: [s.n.], 1996. p. 45-54.

REGISTRO, Erisaura L.; SCAPIN R. H.; JÚNIOR, E. M.. Uma Proposta de Integração da Internet ao Ensino de Física do curso médio das escolas da rede pública. Trabalho apresentado no VI Congresso Internacional de Educação a Distância, [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <http://www.abed.org.br/antiga/htdocs/paper_visem/rafael_scapin/rafael_scapin.htm>. Acesso em 15 Mar. 2004.

REIS, Ernesto Macedo; REZENDE, Flávia; BARROS, Suzana de Souza. Desenvolvimento e avaliação de um ambiente construtivista de aprendizagem à distância para a formação continuada de professores de física do norte-fluminense. Trabalho apresentado no VI Congresso Internacional de Educação a Distância, [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <http://www.abed.org.br/antiga/htdocs/paper_visem/ernesto/ernesto_macedo_reis.htm>. Acesso em 29 Jun. 2004.

REIS, Marcelo M., Um modelo para o ensino do Controle Estatístico da Qualidade. Florianópolis. Julho de 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.

REIS, Marcelo Menezes; PALADINI, Édson Pacheco; EPPRECHT, Eugênio. STCEQ - Um Sistema Tutorial Inteligente Para Controle Estatístico Da Qualidade. Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional: A pesquisa Operacional e o Meio Ambiente. Campos do Jordão – SP, 2001.

RODRIGUES, Lúbia Mara Lopes e CARVALHO, Marco Aurélio. Arquitetura de STI - Overlay do Especialista Integrado à Motivação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 8, 2002, São Leopoldo, RS. *Anais*. p. 80-85.

ROMEY, Jorge Luis. Simulation and statistical education. In: *Winter Simulation Conference*. 1995, Arlington, Virginia, USA. *Anais...* New York: Ed. ACM Press, 1995.

ROSSATELLI, M. Novas Tendências da pesquisa em inteligência artificial na educação. In: VII Escolha de Informática, 7, SBC, Porto Alegre-RS, 2000.

SAMOHYL, Robert. Introdução a Estatística aplicada em Engenharia de Produção. Disponível em: <http://www.qualimetria.ufsc.br/disciplinas/cep2003/grafico_controle_basico.zip> Acesso em 29 jun. 2004

SANTOS, Antônio Venícius, Construção de Ambientes de Apoio a Laboratórios Virtuais, Passo Fundo, Dezembro 2002. Monografia (Graduação em Ciência da Computação), UPF, 2002.

SANTOS, Antônio Venícius; PÉREZ, Carlos A. S.; TRENTIN, Marco A. S.. A Utilização de Laboratórios Virtuais na Melhoria do Processo de Ensino-Aprendizagem. In: WIE 2002 - VIII WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 2002, Florianópolis. *Anais...* do SBC 2002. 2002.

SANTOS, Antônio Venícius; REIS, Marcelo Menezes. Ambiente Virtual Inteligente para o ensino de Controle Estatístico da Qualidade - STCEQ.Net . In: WIE 2005- XI WORKSHOP SOBRE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 2005, São Leopoldo-RS. *Anais...* do SBC 2005. 2005.

SCHANK, Roger C. Active Learning through Multimedia. In: Northwestern University. Multimedia IEEE. Spring 1994. v. 1. n. 1.1994.

SEIXAS, Louise J. et al. Agente mediador para seleção de estratégias pedagógicas em um ambiente multiagente de aprendizagem. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2003, Rio de Janeiro-RS, *Anais...* do SBIE, 2003.

SILVA, D. R.; VIEIRA, M. T. P.; Modelo para acompanhamento do aprendizado em educação a distância. In: *Anais do VII WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA*, Fortaleza, 2001. *Anais do Congresso da sociedade Brasileira de Computação*. 2001.

SOUTO, Maria Aparecida M at al. Ferramentas de Suporte a Monitoração do Aprendiz em um Ambiente Inteligente de Ensino na Web. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2001, Vitória-ES, *Anais...* do SBIE, 2001.

STENBERG, A. B., DELERYD, M. Implementation of Statistical Process Control and Process Capability Studies: requirements or free will? *Total Quality Management*, Vol. 10, Nos. 4 & 5, pp. 439-446, 1999.

TIJIBOY, Ana Vilma; OTSUKA, Joice Lee; SANTAROSA, Lucila Costi. Navegando Pelo Mundo:": Ambiente De Aprendizagem Telemático Interdisciplinar. Disponível em: <<http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie98/219.html>>. Acesso em 29 Jun. 2004.

TSUKUMO, Alfredo N. et al.. Qualidade de software: Visões de Produto e Processo de Software. II ERI da SBC- Piracicaba SP p. 173-189. 1997.

VALENTE, José A.. *Diferentes Usos do Computador na Educação*. Disponível em: <<http://upf.tche.br/~carolina/pos/valente.html>>. Acesso em 29 jun. 2004.

_____. *O Uso Inteligente do Computador na Educação*. Disponível em: <<http://www.pontofuturo.org/home/modules/news/article.php?storyid=42>>. Acesso em 20 abr. 2005.

VAVASSORI, Fabiane Barreto. Ferramentas e Agentes para um Ambiente de Aprendizagem na Web. Florianópolis. abril de 1998. Dissertação (mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UFSC, 1998.

VIGNAUX, Georges. As ciências cognitivas: uma introdução. Traduzido por Maria Manuela Guimarães. *Coleção Epistemologia e Sociedade*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.

VIRTUAL, Laboratories in Probability and Statistics. Disponível em: <<http://www.math.uah.edu/stat/index.shtml>>. Acesso em 10 jan. 2005.

WALKER, John H . Teaching Regression with Simulation In: *Winter Simulation Conference*, 2004. Washington, DC, USA USA. Anais... New York: Ed. ACM Press, 2004.

WALKER, H. M.. Collaborative Learning: a Working Paper. Draft position paper written in preparation for the working group on "Computer Supported Collaborative Learning" at ITiCSE, Uppsala, Sweden, June 1-5, 1997.

WESTERN, Electric Company, Inc. Statistical Quality Control Handbook. New York: Mack Printing Company, 1956.

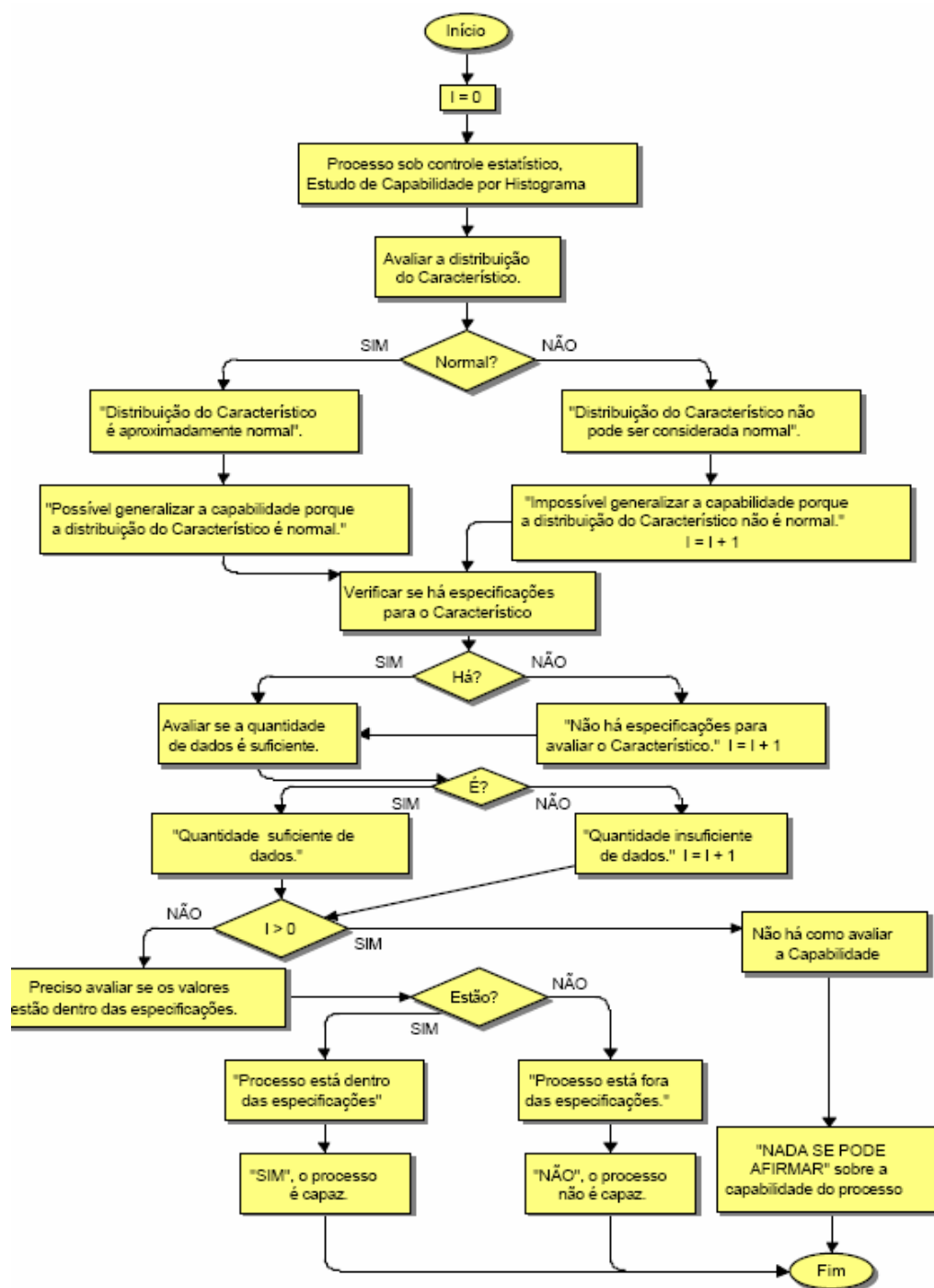
WISE, Stephen A. & FAIR, Douglas C. Innovative Control Charting: Practical SPC Solutions for Today's Manufacturing Environment. American Society for Quality. Milwaukee. 1998.

XAVIER, Daniel Gonçalves; IVANOV, André. Automação e controle de processos utilizando sistemas via Internet. [artigo científico]. Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica. 2005. Disponível em: <http://www.mecatronicos.com.br/TrabalhoTecnico_ControlInternet.pdf>. Acesso em 15 ago. 2005.

ZAKARIA, Azizi; SIRAJ, Fadzilah. Intelligent Tutoring system for web-based education. In: Seminar Pembelajaran Bestari Dalam Pendidikan Fizik. 2000, Utara. Malaysia. ASPEN, UPSI. *Anais...*2000.

ZAMBIASI, Saulo Popov. Ambientes Inteligentes. Florianópolis. dezembro de 2002. Dissertação (mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UFSC, 2002.

ANEXO 1 – Fluxo de decisão do módulo Especialista - Questões 1 e 2 de problemas de apenas Estudos de Capacidade



Fonte: (REIS, 2001, p. 213)

APÊNDICE 1 – Código fonte do Módulo Tutor, tentativas de resposta

```
//dica_tentativas
public function dica_tentativas($nroquestao,$respu_q,$respe_q)
{
    unset($this->message);

    if (count($respe_q)>1)
    {
        //($this->repetir[$nroquestao]<10), caso eu trate chegar em 10 e reiniciar
        aumetomaticamente.
        ///tentativas 2 e 9
        if (($this->repetir[$nroquestao]>1) )
            $this->message.= " Existe(m) ".count($respe_q)." alternativa(s) correta(s)
na Questão ".$nroquestao." ". <br>";

        if (($this->repetir[$nroquestao]>3) )//tentativas 4 pra cima, teoricamente ate 9
        {
            $cont=0;

            for($i=0;$i<count($respe_q);$i++)
                If (in_array($respe_q[$i],$respu_q))//true
                    $cont++;
            $this->message.= " Você acertou ".$cont." alternativa(s) na Questão
".$nroquestao." ". <br>";
        }

        if(((($this->repetir[$nroquestao]>5) ) or //acima de 6
            (($this->repetir[$nroquestao]>3) and ($cont==count($respe_q)))) //acima
de 3 e itens iguais(certo,respondido)
            $this->message.= " Você escolheu ".count($respe_q)." alternativa(s) como
correta(s). Lembre que existe(m) ".
                count($respe_q). " alternativa(s) correta(s)! <br>";
        }
    }
}
```

APÊNDICE 2 – Trecho do código fonte do Módulo Tutor, questões 1 e 2

```
private function grquestoes1_e_2($subtipo3, $prob,&$respu,&$respe,&$con)
{
    unset($valoresu); unset($valorese);unset($posicu); unset($posice);
    $this->difer[1]=false; $this->difer[2]=false;
    $tuplas = $prob->data;
    If (empty($respu->questao1[1]) Or count($respu->questao2)==0 )
    {
        If (empty($respu->questao1[1]))
            $this->difer[1]=TRUE;
        If (count($respu->questao2)==0)
            $this->difer[2]=TRUE;
    }
    Else
    {
        If ($respe->questao1[0]==$respu->questao1[1])
            $this->difer[1]=FALSE;
        Else $this->difer[1]=TRUE;

        $this->contigual=0;

        for($i=0;$i<count($respe->questao2);$i++)
            If (in_array($respe->questao2[$i],$respu->questao2)==TRUE)
                $this->contigual++;

        If      (($this->contigual==count($respu->questao2))      And      ($this-
>contigual==count($respe->questao2)))
            $this->difer[2]=FALSE;
        Else
        {
            $this->difer[2]=TRUE;
            $this->valoresu=$prob->findalternativas($tuplas->pb_titulo,2,$con);

            for($i=0;$i<count($respu->questao2);$i++)
                $this->posicu[$i]=array_search($respu->questao2[$i],$this-
>valoresu);

            $this->valorese=$prob->findalternativas($tuplas->pb_titulo,2,$con);
            for($i=0;$i<count($respe->questao2);$i++)
                $this->posice[$i]=array_search($respe->questao2[$i],$this->valorese);

        }
        $this->obj_resultado->calcularresultado(1);
        $this->obj_resultado->calcularresultado(2);
    }
}
```